بدائل المبيدات
لمكافحة أمراض وآفات الخضر

سلسلة تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر

بدائل المبيدات

لمكافحة أمراض وآفات الخضر

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن
أستاذ الخضر
كلية الزراعة ـ جامعة القاهرة

يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

الطبعة الأولى ٢٠١٧

حسن، أحمد عبد المنعم

بدائل المبيدات لمكافحة أمراض وآفات الخضر /
تأليف أحمد عبد المنعم حسن.
ط١.- القاهرة:دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - ٢٠١٦ م
٤٩٢ص , ١٧ × ٢٤- (سلسلة تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر).
تدمك: ١- ١٧٩ - ٧٣٦ - ٩٧٧- ٩٧٨

١. مبيدات الحشائش
٢. الآفات الزراعية - مقاومة
أ. العنوان

٦٦٨/٦٥٤ ٢٠١٦/١٦٤٥٧

الطبعة الأولى
١٤٣٨هـ - ٢٠١٧م

رقم الإيداع: ٢٠١٦/١٦٤٥٧
تدمــــــك: ١- ١٧٩ - ٧٣٦- ٩٧٧- ٩٧٨

توزيـــع

القاهرة: الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة (دربالة) - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

الجيزة : المكتبة الأكاديمية

المنصورة: المكتبة العصرية .

وكذلك يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

المقدمة

يُعاب على المكافحة بالمبيدات أضرارها المؤكدة على الإنسان ما لم تُتخذ إجراءات غاية في الصرامة للحد من وصولها للمستهلك، وتكلفتها العالية، فضلاً عن أضرارها على البيئة؛ فهى يمكن أن تقتل الأعداء الطبيعية للحشرات، ويمكن أن تبقى فى البيئة وأجسام الحيوانات لتسبب مشاكل يمكن أن تستمر لعدة سنوات، فضلاً عن سرعة تطوير الحشرات لسلالات مقاومة للمبيدات؛ مما يستدعى الحاجة إلى جرعات أقوى منها، أو اللجوء إلى مبيدات أشد فتكًا بها؛ الأمر الذى يُسبب مزيدًا من المشاكل الصحية والبيئية.

ولهذه الأسباب.. كان الاتجاه نحو إيجاد بدائل للمبيدات من أجل مكافحة مسببات الأمراض والآفات التى تصيب النباتات، ولقد أنجز العلماء الكثير فى هذا المجال. وبينما عُرفت بعض بدائل المبيدات واستعملت بالفعل فى المكافحة منذ منتصف القرن العشرين، فإن الغالبية العظمى من تلك البدائل ظهرت فى العقدين أو الثلاثة عقود الأخيرة؛ الأمر الذى تؤكده قائمة مصادر هذا الكتاب؛ ذلك لأن معدل نشر الأبحاث فى هذا المجال قد تسارعت كثيرًا منذ بداية الألفية الثالثة.

وقد تناولنا بالشرح فى هذا الكتاب جميع البدائل التى أوصت بها الدراسات — التى أمكن حصرها — لأجل مكافحة أمراض وآفات الخضر. وبينما دخلت بعض تلك التوصيات حير التطبيق العملى، فإن الكثير منها لم يتعد مرحلة التوصية البحثية. هذا.. إلاّ أن نتائج البحوث سريعًا ما تجد طريقها للتطبيق العملى، خاصة من خلال الشركات التى تتسابق فيما بينها فى هذا المجال وتسوق لمنتجى الخضر عديد من المنتجات التجارية التى تستخدم كبدائل للمبيدات.

وكلى أمل فى أن يجد منتجى الخضر فى هذا الكتاب ضالتهم فى مكافحة أمراض وآفات الخضر دون اللجوء لاستعمال المبيدات، وأن يستفيد منه الدارسين والباحثين والمصدرين. كما آمل أن يُسهم الكتاب فى حماية البيئة، وإنتاج منتج صحى للتسويق المحلى، ويناسب احتياجات التصدير.

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة — جامعة القاهرة



محتويات الكتاب

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الثامن

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الحادى عشر

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الثالث عشر

الفصل الرابع عشر

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الأول

مفهوم المكافحة المتكاملة

إن المكافحة المتكاملة للآفات تتطلب الإلمام بمختلف الطرق المتاحة لمكافحة الأمراض والآفات، وموقع كل منها فى البرنامج المتكامل، كما يلى:

١- يعتمد أساس المكافحة المتكاملة فى الزراعة على اتباع ممارسات زراعية جيدة تُفيد فى تعزيز النمو النباتى القوى الخالى من الإصابات المرضية والحشرية. وتتضمن تلك الممارسات الدورات الزراعية التى تحد من تواجد عوائل المسببات المرضية، والحراثة المعتدلة التى يمكن أن تقضى على دورة حياة الآفات والمسببات المرضية، وتدفن الحشائش فى التربة، وتفيد فى تجهيز مهاد جيد للبذور يمكن أن يحتفظ برطوبة مناسبة ويكون بكثافة ظاهرية مثلى. كذلك فإن الإدارة الجيدة لخصوبة التربة ورطوبتها يمكن أن تحد من الإصابات المرضية من خلال تقليل ظروف الشدّ. ويمكن فى المشاتل والزراعات المحمية التحكم فى الظروف البيئية من حرارة ورطوبة أرضية وإضاءة وبيئات زراعية؛ بما يفيد فى جعل النباتات أكثر قدرة على مقاومة الإصابات المرضية.

٢- يأتى بعد ذلك الاختيار المناسب للجيرمبلازم المقاوم للمسببات المرضية والحشرية. إن الأصناف المقاومة للأمراض كثيرة للغاية، وتتوفر المقاومة للآفات فى عدد أقل من الأصناف. ومتى توفرت الصفات البستانية المرغوب فيها فى صنف مقاوم لأحد الأمراض أو الآفات الهامة لا يكون من الحكمة عدم الاعتماد عليه فى الزراعة.

ولا تقل أهمية عن اختيار الجيرمبلازم ضرورة إجراء المعاملات المناسبة للتأكد من خلو البذور وأعضاء التكاثر من المسببات المرضية، وتطهيرها منها إن وجدت.

٣- يمكن كذلك الاستعانة بالوسائل التى تعتمد على خصائص بيولوجية معينة، مثل المصائد الفيرمونية والمبيدات الميكروبية المستخدمة فى المكافحة الحيوية.

٤- ثم يأتى بعد ذلك دور مختلف المركبات الكيميائية المخلقة والتى منها المبيدات (Gardner & Fravel ٢٠٠٢).

ونظرًا لأن مختلف وسائل المكافحة لا تُفيد فى مكافحة جميع المسببات المرضية والآفات فى جميع الحالات، وإنما هى توجه لمكافحة آفات معينة فى ظروف محددة؛ فإنه يتعين تخير وسائل المكافحة المتكاملة تبعًا لكثافة تواجد الآفة أو المسبب المرضى، ومدى فاعلية مختلف وسائل المكافحة معها.

ومن أهم وسائل مكافحة الآفات والمسببات المرضية التى تعيش فى التربة (بدائل التعقيم الشامل ببروميد الميثايل)، ما يلى (عن Labrada ٢٠١٠):

١- الزراعات اللاأرضية soilless والزراعات المائية hydroponics:

تُفيد هذه الزراعات فى تجنب الإصابات المرضية وليس مكافحتها، وهى تتضمن الزراعة فى بيئات مثل: البيت موس والفيرميكيوليت والصوف الصخرى والبرليت وألياف جوز الهند وقشرة الأرز ونشارة الخشب.

٢- التعقيم بالبخار، وبالماء الساخن.

٣- المكافحة الحيوية.

٤- التطعيم على أصول مقاومة.

٥- التبخير البيولوجى للتربة بالاعتماد على بقايا نباتية منتجة لمركبات مثبطة للمسببات المرضية، مثل بقايا الكرنبيات، وخاصة البروكولى.

٦- تشميس التربة soil solarization .

بدائل المبيدات المستخدمة فى المكافحة المتكاملة للأمراض والحشرات

إن بدائل المبيدات كثيرة جدًا، وهى موضوع هذا الكتاب. ونقدم - فيما يلى - عرضًا موجزًا لاستعمالات عدد من تلك البدائل كتعريف أولى بها.

إن من بين بدائل المبيدات المسموح باستعمالها فى مكافحة أمراض وحشرات الخضر – خاصة فى الزراعات العضوية – ما يلى (عن Çaldwell وآخرين ٢٠١٣).

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
الثوميات	ذبابة البصل *Delia antiqua*،	النيماتودا المتطفلة
	وذبابة حبوب الذرة *Delia platura*	معاملة البذور بالاسبينوساد Spinosad وطُعم الاسبينوساد
	تربس البصل	الرش بالاسبينوساد
		الرش بمنتجات النيم
		المعاملة بطين الكاولين Kaolin
		المعاملة بالصابون
		المعاملة بالزيوت
	الدودة القاطعة	النيماتودا المتطفلة
		طعم الاسبينوساد أو *B. thurengensis*
	لفحة أوراق بوتريتس	المعاملة بالـ Serenade الذى يحتوى على *Bacillus sübtilis*
	اللطعة الأرجوانية	المعاملة بالـ Serenade
	البياض الزغبى	المعاملة بالـ Serenade، والـ Sonata
الكرنبيات	من الكرنب *Brevicoryne brassica*	الصابون
		الروتينون
		منتجات النيم
		الزيوت
		الكاولين
	الدودة القياسة	الاسبينوساد
	والفراشة ذات الظهر الماسى	البكتيريا *B. thuringensis* (Bt)
		منتجات النيم
		تبادل Bt مع الاسبينوساد أو النيم
	ذبابة الكرنب *Delia radicum*	النيماتودا المتطفلة
		معاملة البذور بالاسبينوساد
		طعم الاسبينوساد

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
	الخنفساء البرغوثية	الاسبينوساد
		منتجات النيم
		المعاملة بالكابسايسين capsaicin
	العفن الأسود (بكتيرى)	المركبات النحاسية
	تبقع الأوراق الألترنارى	المركبات النحاسية
	البياض الزغبى	المركبات النحاسية
	العفن الأبيض (*Sclerotinia sclerotiorum*)	التحضير التجارى Contans الذى يحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*
السبانخ- البنجر- السلق	المـــن	الصابون
		منتجات النيم
		الفطر *Beauveria bassiana*
	الخنافس البرغوثية	المنتج التجارى Entrust
		البيرثرين Pyrethrin
	ذبابة حبوب الذرة *Delia platura*	معاملة البذور بالاسبينوساد
		طعم الاسبينوساد
	صانعات الأنفاق	الاسبينوساد
القرعيات	خنفساء الكوسة *Anasa tristis*	البيرثرم
		النيم
		مخلوط من البيرثرم والنيم
	ثاقبات ساق الكوسة	الـ Bt، خاصة *Bt aizaiwi*
		الاسبينوساد
	خنفساء الخيار المخططة	الكاولين
	والذبول البكتيرى	البيرثرم
		النيماتودا المتطفلة
	البياض الزغبى	المركبات النحاسية

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
	البياض الدقيقى	الكبريت
		النحاس
		الزيوت المعدنية والنباتية
		بيكربونات البوتاسيوم
		الـ Serenade
		مخلوط من الزيت وبيكربونات البوتاسيوم
البقوليات	المـــن	الصابون
		النيم
	الديدان القاطعة	النيماتودا المتطفلة
		طعم الاسبينوساد أو الـ Bt
	خنفساء الفاصوليا المكسيكية	المنتج التجارى Entrust
		مخلوط من البيرثرين والـ Neemix
		الزنبور *Pediobius foveolat*
	نطاط أوراق البطاطس	البيرثرين
	اللفحة البكتيرية (بسلة وفاصوليا)	المركبات النحاسية
	اللفحة الهالية	المركبات النحاسية
	الذبول الفيوزارى — أمراض بثيم- عفن الجذور الرايزكتونى	المنتج التجارى Actinovate AG (الذى يحتوى على *Streptomyces lydicus*) والمنتج Mycostap (الذى يحتوى على *Streptomyces griseoviridis*)، والمنتج T22 HC (الذى يحتوى على *Trichoderma harzianum*)
	البياض الدقيقى	الكبريت
	العفن الرمادى	المنتجات التى تحتوى على *B.subtilis* مثل Serenade
		بيكربونات البوتاسيوم
	العفن الأبيض (*Sclerotinia sclerotiorum*)	المنتج التجارى Contans الذى يحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*
الخس	سقوط الخس (*Sclerotina* spp.)	المنتج التجارى Contans الذى يحتوى على *Coniothyrium minitans*

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
الباذنجانيات	المـن	الصابون
		الروتينون
		النيم
		الزيوت
		الكاولين
	خنفساء كلورادو	الاسبينوساد
		النيم
		الفطر *Beauveria bassiana*
		البكتيريا *Bt tenebrionis*
	حفار ساق الذرة الأوروبى	البكتيريا *Bt kurstaki*
		الاسبينوساد
	الخنافس البرغوثية بأنواعها	الروتينون
		الاسبينوساد
		النيم
		البيرثرم
		الكاولين
	ديدان الـ hornworms	البكتيريا *Bt kurstaki*
	(*Manduca* spp.)	الاسبينوساد
	نطاط أوراق البطاطس	البيرثرم
		النيم
		الاسبينوساد
	التقرح البكتيرى	المركبات النحاسية
	الجرب العادى	إضافة الكبريت فى خطوط الزراعة
		المكافحة الحيوية بالـ *Trichoderma*
	الأنثراكنوز	المركبات النحاسية
	القشف الأسود (*Rhizoctonia solani*)	استخدام الـ *Trichoderma* كما فى المنتجين التجاريين: RootShield، و SoilGard 12 G

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
	الندوة المبكرة (*Alternaria* spp.)	المركبات النحاسية
		استخدام *Trichoderma harzianum*
	العفن الرمادى	المركبات النحاسية
	الندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*)	المركبات النحاسية
	تبقع أوراق سبتوريا	المركبات النحاسية
الذرة السكرية	دودة كيزان الذرة (*Helicoverpa zea*)	البكتيريا *Bt kurstaki*
		الاسبينوساد
	من أوراق الذرة	الصابون
		الزيوت
		النيم
		الكاولين
	حفار ساق الذرة الأوروبى	البكتيريا *Bt* var. *kurstaki*
		الاسبينوساد
		تبادل بكتيريا الـ Bt مع الاسبينوساد
	أعفان بذور التقاوى والذبول الطرى	معاملة البذور بالمنتج التجارى Kodiak الذى يحتوى على *Bacillus subtilis*
الخيميات	الديدان القاطعة	النيماتودا المتطفلة
		طعم الاسبينوساد وطعم الـ Bt
	ذبابة الجزر	منتجات النيم
	خنفساء الليجس	البيرثرم
		النيم
	المـن	الصابون
		النيم
		الزيوت
		الروتينون

المحصول	المرض أو الآفة	بدائل المبيدات المسموح بها
	نطاط الأوراق	البيرثرم
		المنتج التجارى Surround
	العنكبوت الأحمر العادى	الزيوت
		الصابون
		المنتج التجارى Entrust
	لفحة الأوراق البكتيرية (*Xanthomonas* sp.)	المركبات الكبريتية
	لفحة أوراق ألترناريا	المنتج التجارى Serenade
		المركبات النحاسية
	تبقع أوراق سركسبورا	المنتج التجارى Serenade
		المركبات النحاسية
	عفن اسكليروتينيا (*S. sclerotiorum*)	المنتج التجارى Contans الذى يحتوى على *Coniothyrium minitans*

هذا.. ويسبب الفطر اسكليروتينيا (*Sclerotinia sclerotiorum*، و *S. minor*) أضرارًا كبيرة بعديد من المحاصيل، مثل الخس، والفاصوليا، والجزر، والكرنبيات، والبسلة.

ومن أهم وسائل المكافحة المتكاملة لهذا الفطر، ما يلى:

١-المكافحة البيولوجية.

٢-استخدام المبخرات البيولوجية كبقايا الصليبيات.

٣-إدخال المحاصيل المتحملة للفطر فى الدورة.

٤-استعمال مبيدات، مثل: فيلان Filan (يحتوى على المادة الفعالة boscalid)، وهو الذى حلَّ مؤخرًا محل المبيد procymidone، ويستعمل بمعدل ٣٣٥ جم من المبيدا للفدان.

ومن أهم كائنات المكافحة الحيوية الفطر *Coniothyrium militans*، الذى يتوفر فى المنتج التجارى Contans، وهو الذى يتخصص على الأجسام الحجرية للفطر

Sclerotinia minor، وكذلك السلالة A69 من نفس الفطر، وهى التى تنافس على الغذاء وتعد متطفلة على فطر الاسكليروشيم، والسلالة 6Sr4 من الترايكودرما: *Trichoderma hamatum*، وهى التى تنافس على الغذاء وتمارس تضادية حيوية على الفطر المرض (Horticulture Australia ٢٠٠٥، و Pung & Cross ٢٠١٤).

هذا.. وقد تناول Waller وآخرون (٢٠٠٢) بالشرح مختلف الوسائل التى تُتبع فى مكافحة الأمراض النباتية.

وسائل المكافحة المتكاملة لنيماتودا تعقد الجذور

يمكن إيجاز مختلف وسائل مكافحة نيماتودا تعقد الجذور – كنموذج للمكافحة المتكاملة – فيما يلى (عن Collange وآخرين ٢٠١١):

١– طرق منع تفشى الإصابة sanitation methods.. يتحقق ذلك بعدة طرق، منها ما يلى:

أ– منع حدوث إصابات جديدة.

ب– منع حدوث إصابات ثانوية؛ الأمر الذى يمكن تحقيقه بالوسائل التالية:

(١) إغراق التربة بالماء؛ الأمر الذى يجعل ظروف التربة لا هوائية؛ مما يؤدى إلى قتل النيماتودا، ويتوقف طول مدة الإغراق المناسبة على درجة الحرارة.

(٢) إدارة الرى بصورة جيدة، علمًا بان النيماتودا تتحرك بسرعة فى التربة الرطبة.

(٣) التخلص من البقايا النباتية، التى تعيش فيها النيماتودا إلى أن تستنفذ مخزونها الغذائى.

(٤) مكافحة الحشائش.

(٥) الزراعة فى المواسم غير المناسبة لتكاثر النيماتودا.

٢– خدمة التربة بصورة جيدة .. يتحقق ذلك بعدة طرق، منها:

أ- الحراثة :

على الرغم من أن كثافة نيماتودا تعقد الجذور تنخفض بعد الحراثة، وأن عدم الحراثة no tillage يزيد من المادة العضوية ونشاط الكائنات الدقيقة فى الطبقة السطحية من التربة، فإن معظم الدراسات تجمع على عدم وجود تأثير إيجابى للحراثة على الإصابة بالنيماتودا.

ب- حراثة تحت التربة.. لا يُعتقد بأن لها تأثير فعال فى مكافحة النيماتودا.

٣- الإضافات العضوية :

تزداد فاعلية الإضافات العضوية فى مكافحة النيماتودا بزيادة كمياتها المضافة للتربة، علمًا بأن ذلك يتوقف على العوامل التالية :

أ- الصفات الكيميائية للمواد العضوية المضافة، حيث يتباين تأثيرها حسب بعض العوامل، كما يلى:

(١) تُفرز بعض الإضافات العضوية أثنا تحللها مركبات سامة للنيماتودا، ومن أمثلة ذلك ما تفرزه حشيشة السودان، والخروع، والنيم، والـ *Tagetes* spp. من مركبات سامة، منها: الجلوكوسيد السيانوجينى dhurrin — الذى يمكن أن يتحلل إلى سيانيد الأيدروجين السام للنيماتودا — وكذلك مركبات الـ limonoids والفينولات والتانينات، ومركبات الـ monocrotaline والـ alkaloids pyrrolizidine، والـ ∝-terthienyl. كما أن الجلوكوسينولات التى تُفرزها بقايا الصليبيات بعد حراثتها فى التربة تُعد سامة للنيماتودا.

(٢) المرحلة الفسيولوجية للأنسجة النباتية المضافة.. فنجد — على سبيل المثال — أن جميع الأجزاء النباتية لحشيشة السودان — باستثناء البذور — تحتوى على مركبات سامة للنيماتودا، إلاّ أن كمية سيانيد الأيدروجين التى تنتج عن تحلل الـ dhurrin تنخفض مع النمو النباتى ونضج النباتات؛ لذا.. فإن حراثة نباتات حشيشة السودان الصغيرة يكون أقوى تأثيرًا فى مكافحة النيماتودا عن حراثة النباتات المتقدمة فى العمر.

(٣) مرحلة تحلل المادة العضوية.. فعلى الرغم من أن استعمال المادة العضوية المكتملة التحلل هى الأفضل للنمو النباتى، إلاّ أن ما ينطلق منها من مركبات سامة للنيماتودا يكون بتركيزات منخفضة لا تكفى لقتلها؛ هذا.. بيْنما تنطلق كميات أكبر من المركبات السامة من الإضافات العضوية التى تكون فى بداية مراحل تحللها.

(٤) نسبة الكربون إلى النيتروجين فى المادة العضوية المضافة.

تزداد قوة قتل النيماتودا فى المادة العضوية المضافة كلما انخفضت فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين؛ ويرجع ذلك إلى انطلاق الأمونيا بقدر أكبر أثناء تحلل المادة العضوية الغنية بالنيتروجين.

ب- مدى تلوث التربة بالنيماتودا.. حيث يقل تأثير المادة العضوية المضافة فى مكافحة النيماتودا كلما ازدادت كثافة تواجد النيماتودا فى التربة.

٤- التسميد.. فنجد أن الأسمدة التى تحتوى على نيتروجين أمونيومى تفيد بدرجة أكبر فى مكافحة النيماتودا عن الأسمدة النيتراتية، إلا أن الجرعة المناسبة من السماد الأمونيومى الفعالة فى مكافحة النيماتودا تكون أكبر بكثير مما يحتاجه أو يتحمله النبات.

كذلك فإن اليوريا المضافة للتربة يمكن أن تتحول إلى أمونيا بإنزيمات الـ ureases الموجودة فى التربة، إلاّ أن الجرعة المناسبة للمكافحة تكون أكبر مما تتحمله النباتات.

٥- المكافحة البيولوجية.. وهى التى يمكن أن يستخدم فيها:

أ- فطريات متطفلة على النيماتودا، مثل: *Paecilomyces lilacinus* و *Pochonia chlamydosporia*، و *Asperigllus* spp.، و *Verticillium* spp.، و *Trichoderma viride*.

ب- بكتيريا مضادة للنيماتودا؛ مثل *Pasteuria penetrans*، و *Pseudomonas fluorescens*، و *Bacillus firmus*.

٦- تشميس التربة.

٧- تعقيم التربة بالبخار.

وسائل المكافحة المتكاملة للحشرات

إن وسائل المكافحة المتكاملة للحشرات كثيرة ومتعددة، وهى التى نتعرض لاستخداماتها فى هذا الكتاب. وكتعريف موجز وسريع ببعضها.. نقدم فى جدول (١-١) عرضًا لمختلف وسائل المكافحة الميكانيكية المستخدمة فى مكافحة بعض الحشرات الهامة.

جدول (١-١): وسائل المكافحة الميكانيكية المستخدمة فى مكافحة بعض الحشرات الهامة (OSU ٢٠١٤).

الحشرة	وسائل المكافحة الميكانيكية					
	الزيوت البستانية	التربة الدياتومية	الصابون	أغطية النباتات	المصائد والجاذبات	الشفط بالتفريغ
المن	√	√	√		√	√
ديدان الكرنب				√		
خنفساء كلورادو		√		√		
دودة كيزان الذرة	√				√	
خنافس الخيار				√		
الدودة القاطعة		√	√			
الخنافس البرغوثية				√		√
نطاط النباتات			√	√		
صانعات الأنفاق	√			√		
الديدان القياسة				√	√	
الخنافس المغبَّرة	√		√			
البزَّاقات والقواقع		√			√	
الخنافس المنشارية		√				
الحشرات القشرية	√		√		√	
خنفساء الكوسة				√		
ثاقبة ساق الكوسة				√		
العنكبوت الأحمر	√	√	√			√
التربس	√		√		√	√
الذبابة البيضاء	√		√		√	√

كما نقدم – كمثال – أهم وسائل المكافحة المتكاملة للتربس، فيما يلى:

١– عدم زراعة المحاصيل الشديدة القابلية للإصابة بالتربس بعد زراعات الحبوب الصغيرة.

٢– الاختيار الدقيق للأنواع المزروعة فى الحقل، وفى حواف الحقل.

٣– استعمال الأغطية البلاستيكية الملونة للتربة.

٤– تجنب الإفراط فى التسميد الآزوتى.

٥– زراعة الأصناف المقاومة إن وجدت.

الاستفادة من بعض الحشرات المفيدة التى تحد من الإصابة بالتربس (Kuepper ٢٠٠٤).

هذا.. وقد تناول Dent (٢٠٠٠) بالشرح الطرق المختلفة لمكافحة الحشرات، التقليدية منها والمتقدمة.



الفصل الثانى

تعقيم وتطهير التربة

لعشرات السنين.. اعتمد تعقيم التربة على تبخيرها ببروميد الميثايل، وبدرجة أقل على مبيدات أخرى ليست بنفس خطورة بروميد الميثايل على البيئة وصحة الإنسان، ولكنها — كذلك — ليست بنفس درجة فاعليته على مسببات الأمراض والآفات الزراعية التى تجد فى التربة مأوى لها.

ومع حظر استخدام بروميد الميثايل فى تبخير التربة، وازدياد التحذير من مخاطر استخدام المبيدات الخطيرة بصورة عامة .. كان لابد من البحث عن وسائل أخرى لتعقيم التربة — أو على الأقل تطهيرها — لا يكون لها مردود سلبى على البيئة أو صحة الإنسان، وتلك هو موضوع هذا الفصل.

تعقيم التربة بالتشميس

يُجرى تعقيم — أو تطهير، أو بسترة — التربة بالتشميس soil solarization بتعريضها — وهى مرطبة ومغطاة بشريحة بلاستيكية شفافة — لأشعة الشمس القوية لمدة ٣٠ — ٦٠ يومًا خلال شهور الصيف الحارة (يمكن مراجعة تفاصيل هذه الطريقة فى حسن ٢٠١٠).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة

إذا أجرى التعقيم بالإشعاع الشمسى — بصورة صحيحة — خلال شهور الصيف الحارة، فإن درجة الحرارة ترتفع تحت الغطاء البلاستيكى إلى ما بين ٦٠°م على عمق ٥ سم و٣٩°م عند عمق ٤٥ سم.

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببًا رئيسيًا فى القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة، إما بصورةٍ مباشرة، وإما بصورةٍ غير مباشرةٍ من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة، كما سيأتى بيانه فيما بعد.

تتفاوت الكائنات الدقيقة فى تأثرها بالحرارة بسبب تباينها فى حساسية أغشيتها الخلوية وتباين محتواها من إنزيمات التنفس فى تأثرها بالحرارة العالية (DeVay ١٩٩١ب).

يلزم للتخلص من الكائنات الدقيقة المتوسطة التحمل للحرارة mesophylic organisms حوالى ٢-٤ أسابيع من التعرض لحرارة ٣٧°م، ولكن تلك الفترة تنخفض إلى ست ساعات عند ارتفاع الحرارة إلى ٤٧°م (DeVay ١٩٩١ أ).

على الرغم من تباين الكائنات التى تعيش فى التربة فى الجرعات الحرارية (الحرارة والمدة) القاتلة لها، فإنه يكفى — عادة — دقائق قليلة من التعرض لحرارة تزيد عن ٤٥°م للوصول إلى ٩٠٪ قتل، أو ما يعرف بـ LD_{90} (Stapleton ١٩٩١ — FAO Plant Production and Protecion Paper 109 — الإنترنت).

أولا: مسببات الأمراض

يؤدى تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على عديدٍ من الفطريات التى تعيش فى التربة ونصيب مختلف المحاصيل الزراعية، مثل (عن Katan ١٩٨٠):

الفطر	المحاصيل	المرض
Verticillium dahliae	الطماطم — البطاطس— الباذنجان — الفراولة — القطن — الزيتون	ذبول فيرتسيليم
Fusarium oxysporum	الطماطم — الكنتالوب — البصل — الفراولة — القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر الفلينى
Sclerotium rolfslii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس — البصل — الفاصوليا — القطن	عفن الجذور وتساقط البادرات
Thielaviopsis basicola	القطن	عفن البذور والجذور
Pythium ultimum	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycopersici	الطماطم	لفحة أسكوكيتا

ومن مسببات الأمراض الأخرى – التى كوفحت عن طريق تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى – ما يلى:

١- الفطريات *Fusarium solani*، و *F. oxysporum*، و *Pythium*، و *Rhizoctonia solani* فى الطماطم (الأسعد وأبو غريبة ١٩٨٦).

٢- الفطر *Sclerotium rolfsii* فى الفلفل (Stevens وآخرون ١٩٨٨ أ) والطماطم (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

٣- الفطر *Pyrenochaeta terrestris* المسبب لمرض الجذر الوردى فى البصل (Hartz وآخرون ١٩٨٩).

٤- الفطر *Penicillium pinophilum* الذى يحدث تقزمًا لنباتات الطماطم (Gamliel & Katan ١٩٩١).

٥- الفطران *Phytophthora cactorum*، و *P. citricola* (Hartz وآخرون ١٩٩٣).

٦- الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ (González–Torres وآخرون ١٩٩٣).

٧- الفطر *Plasmodiophora brassicae* مسبب مرض الجذر الصولجانى فى الصليبيات، وكان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة من استعمال الدازوميت dazomet فى مكافحة الفطر (Porter وآخرون ١٩٩١، و Rod ١٩٩٤).

٨- الفطر *Sclerotinia minor* مسبب مرض سقوط الخس lettuce drop. اعتمد التعقيم على وجود نفق بلاستيكى محكم الغلق؛ أدى إلى رفع حرارة الهواء داخل النفق إلى ٦٠°م وحرارة التربة إلى ٤٥°م – ٥٥°م، وقد انخفض معدل الإصابة بالمرض – عند زراعة الخس بعد انتهاء فترة التعقيم – بمقدار ٥٠٪ –٦٧٪ (Fiume ١٩٩٤).

٩- الفطران *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، و *Phytophthora parastica* var. *parasitica*، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* فى الطماطم. وقد كان

النقص جوهريًا فى كثافة تواجد الفطر الأول حتى عمق ٥ سم فقط، بينما كان النقص جوهريًا فى كثافة تواجد الفطر الثانى وبكتيريا الذبول حتى عمق ٢٥ سم، و١٥ سم على التوالى. وبالرغم من أن تبخير التربة بمخلوط من بروميد الميثايل، والكلوروبكرن بنسبة ٧٦ : ٣٣ حقق مكافحة جيدة للفطرين حتى عمق ٣٥ سم، إلا أن نتائج تبخير التربة كانت متباينة بالنسبة لمكافحة بكتيريا الذبول. ولكن تبخير التربة مع التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث مزيدًا من النقص فى كثافة *R. solanacearum* (Chellemi وآخرون ١٩٩٤ أ).

وبالمقارنة.. وجد فى دراسة أخرى أن التعقيم بالإشعاع الشمسى لم يكن له أى تأثير على البكتيريا *R. solanacearum* المسببة لمرض الذبول البكتيرى فى الطماطم (Chellemi وآخرون ١٩٩٤ب).

١٠- أدت إضافة البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى التربة قبل تعريضها للتشميس solarization إلى تحقيق أكبر مكافحة لبكتيريا الذبول *R. solanacearum* مع أفضل نمو لنباتات الطماطم، حيث ازدادت كثافة تواجد البكتيريا *P. fluorescens* — بشدة — بعد معاملة التشميس، بينما انخفضت — بشدة — أعداد بكتيريا الذبول (Kumar & Sood ٢٠٠١).

١١- أعطت بسترة التربة بالتشميس لمدة شهرين مكافحة أفضل للذبول الفيوزارى فى زراعات البطيخ فى البيوت المحمية فى جنوب إسبانيا عن تبخير التربة بالميثام صوديوم. وبينما لم يكن التشميس لمدة شهر واحد فعالاً، فإن التشميس لمدة شهر ونصف الشهر مقرونًا بجرعة منخفضة من التبخير أعطى نتائج جيدة فى مكافحة المرض (Jimenez-Diaz وآخرون ١٩٩١ — FAO Plant Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٢- أمكن مكافحة الفطر *Fusarium solani* مسبب مرض عفن الجذور الفيوزارى فى الفول الرومى بالتشميس فى شمال العراق (Sarhan ١٩٩١ — FAO Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٣- أظهرت عملية بسترة التربة بالتشميس فى مصر كفاءة عالية فى مكافحة عديد من مسببات الأمراض والآفات دامت لمدة سنتين إلى ثلاث سنوات، وشملت ما يلى:

أ- مسببات الأمراض:

Sclerotium cepivorum

Phytophthora parasitica

Pyrenochaeta lycopersici

Pythium spp.

Rhizoctonia solani

ب- معظم الحشائش فيما عدا السعد .*Cyperus* spp، والـ knotweed اللذان كانت مكافحتهما جزئية.

ج- عديد من الأنواع النيماتودية (Satour وآخرون ١٩٩١ - FAO Production and Protection Bulletion 109 - الإنترنت).

١٤- أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* - مسبب مرض ذبول فيرتسيليم - وكذلك مكافحة الحشائش بنسبة ٩٧٪ فى حقول الباذنجان عن طريق بسترة التربة بالتشميس (Tamietti &Valentino ٢٠٠١).

١٥- أفادت بسترة التربة بالإشعاع الشمسى فى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* جوهريًا بنسبة ٧٩٪ إلاّ أن معاملة التربة بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* - بعد معاملتها بالتشميش - زادت نسبة المكافحة إلى ٩٨٪. وبينما أثرت بسترة التربة بالتشميس كثيرًا على أعداد فطر الميكوريزا فى التربة عندما عوملت به التربة قبل تشميسها، فإن أعداد البكتيريا *Bacillus subtilis* التى أضيفت قبل التشميس انخفضت بفعل التشميس إلى ٧٥٪ مما كانت عليه، إلاّ أن التشميس ساعد على إحداث زيادة فى أعداد كل من فطر الميكوريزا و *B. subtilis* عندما عوملت بهما التربة بعد التشميس (Pereira وآخرون ١٩٩٦).

١٦- كما يستدل من دراسة أخرى أن بسترة التربة بالتشميس أدى إلى التخلص من ٧٥٪-٨٣٪ من الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل والثوم (Matrod وآخرون ١٩٩١ – FAO Production and Protection Paper 109 – الإنترنت).

١٧- أدت أى من عمليتى بسترة التربة بالإشعاع الشمسى أو معاملتها بالميكوريزا *Trichoderma* spp. إلى مكافحة الفطر *Phytophthora cactorum* مسبب مرض العفن الجلدى لثمار الفراولة بصورة جيدة، وبينما تفوق تشميس التربة على معاملتها بالميكوريزا فى هذا الشأن، فإن الجمع بين المعاملتين كان أفضل من أى منهما منفردة (Porras وآخرون ٢٠٠٧).

١٨- أدى الجمع ما بين بسترة التربة بالتشميس مع المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) إلى تحسين نمو البطاطس وزيادة محصولها وتقليل تعرض النباتات والدرنات للإصابات المرضية.

١٩- أمكن مكافحة الفطرين *Phytophthora nicotianae*، و *Rhizoctonia solani* فى مشاتل الطماطم بالتشميس مع استعمال شريحتين من البلاستيك بسمك ٥٠ ميكرونًا، ومع جعل العليا منهما على ارتفاع ٨٠ سم من سطح التربة. أدى التشميس بهذه الطريقة إلى رفع درجة الحرارة العظمى على عمق ٥ سم فى التربة إلى ٧٠-٧٣ °م، وهى التى كانت أعلى من الحرارة فى معاملة الكنترول بمقدار ٢٠ °م. كذلك حافظ استعمال الشرائح المزدوجة على حرارة تزيد عن ٦٠ °م لمدة تزيد عن ٩ ساعات متصلة يوميًا. وقد أدى اتباع هذه الطريقة إلى تحقيق مكافحة كاملة للمسببين المرضيين مماثلة لتلك التى حُصل عليها باستعمال الميثام صوديوم metham-sodium، مقارنة بأكثر من ٩٠٪ إصابة بأى من الكائنين المرضين أو كليهما فى معاملة الكنترول. كذلك كان النمو النباتى أقوى فى حالة استعمال الشرائح المزدوجة – سواء أتمت العدوى بالفطرين أم لم تتم – عما فى حالة المعاملة بالميثام صوديوم أو الكنترول (Rodriguez Pèrez ٢٠٠٥).

٢٠- تمكن Ristaino وآخرون (١٩٩١) من مكافحة مرض اللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* للطماطم - وغيرها من محاصيل الخضر - بشكل جيد بتعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ستة أسابيع خلال الموسم الحار مع معاملة التربة بالفطر المنافس *Gliocladium virens*. وكانت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى قد رفعت حرارة التربة - فى موسمى هذه الدراسة - بنحو ٩- ١٤°م.

٢١- يستفاد من دراسات Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد كثيرًا من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. وأدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى منفردة إلى مكافحة الفطر *Pythium ultimum* وزيادة محصول الخس، كما أظهر فحص التربة المحيطة بالجذور وجود زيادة كبيرة فى أعداد البكتيريا من الـ Pseudomonads الفلورية (الـ fluorescent) ومن جنس *Bacilhus*.

٢٢- وجد Hartz وآخرون (١٩٩٣) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أحدث زيادة فى محصول الفراولة بلغت ١٢٪، ولكن الزيادة فى المحصول بلغت ٢٩٪ عندما اقترنت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتبخير بأى من الميثام صوديوم (الفابام) أو بروميد الميثايل. وأفادت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى فى مكافحة الحشائش الحولية، وكل من الفطريات التالية:

P. citricola — *Phytohthora cactorum*

Verticillium dahliae

٢٣- قارن Gonzalez-Torres وآخرون (١٩٩٣) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر أو شهرين مع التبخير بالميثام صوديوم فى مكافحة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ، وتوصلوا إلى النتائج التالية:

أ- أدت التغطية بالبلاستيك إلى رفع حرارة التربة بنحو ٥°م (إلى ٤٤-٤٨°م) على عمق ١٠ سم، وبنحو ٤- ٥°م (إلى ٤٠- ٤٢°م) على عمق ٢٠ - ٣٠ سم.

ب- أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصًا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة.

ج- حدث ثبات نسبى فى كثافة تواجد الفطر خلال التسعة شهور التى أعقبت التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين؛ حيث استمرت منخفضة، ولكن كثافة تواجد الفطر تقلبت خلال نفس الفترة فى التربة التى عقمت بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد، وارتفعت فى التربة التى عقمت بالتبخير.

د- أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين إلى مكافحة المرض بصورة كاملة وزيادة محصول البطيخ بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد إلى إبطاء تقدم المرض — فقط — مع زيادة محصول البطيخ إلى أكثر من الضعف، فى الوقت الذى أدى فيه التبخير إلى وقف تطور المرض كثيرًا وزيادة المحصول بمقدار ثلاثة أمثال نباتات معاملة الشاهد التى زرعت فى تربة محقونة بالفطر (كما فى معاملات التعقيم) ولكنها لم تعقم.

٢٤- يستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤أ) فى ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩,٥ °م، و٤٦,٠ °م، و٤١,٥ °م عند عمق ٥، و ١٥، و٢٥ سم على التوالى، مقارنة بحرارة ٤٣,٨ °م، و٣٨,٩ °م، ٣٦,٥ °م عند نفس الأعماق — على التوالى — فى التربة غير المغطاة بالبلاستيك. وقد كانت عملية التغطية بالبلاستيك مصاحبة بنقص معنوى فى كثافة الفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycoperscici* حتى عمق ٥ سم، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* حتى عمق ١٥ سم، والفطر *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* حتى عمق ٢٥ سم.

٢٥- كان تأثير معاملتى تشميس التربة فقط، أو تشميس التربة مع إضافات عضوية (من سبلة الدواجن أو مخلفات تصنيع الزيتون) على محصول الطماطم مساوٍ لتأثير

معاملة التربة بالدازوميت فقط، ومعاملة تشميس التربة مع نصف جرعة الدازوميت، على التوالى. هذا مع العلم بأن معاملة تشميس التربة رفعت الحرارة القصوى للتربة على عمق ١٥ سم إلى ٤٧,١°م (Kaskavalci ٢٠٠٧).

٢٦- وأمكن مكافحة العفن الفحمى لجذور الفراولة الذى يسببه الفطر *Macrophomina phaseolina* بالتشميس البيولوجى biosolarization للتربة، وذلك بإضافة سبلة دواجن طازجة إلى التربة (بمعدل ١٠,٥ طن للفدان) قبل تغطيتها بالبلاستيك وتشميسها (Chamorro وآخرون ٢٠١٥).

٢٧- أدت معاملة تشميس التربة إلى خفض إصابة الطماطم بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* عندما كان تواجد الفطر منخفضًا — أصلاً — فى التربة، ولكنها لم تكن مؤثرة عندما كان تلوث التربة بالفطر كبيرًا. وكان تأثير الجرعات المنخفضة من الميثام — صوديوم والدازوميت على الفطر مماثلاً لتأثير تشميس التربة. وبالمقارنة.. كانت كل معاملات تشميس التربة والجرعات المنخفضة من المبيدين فعالة فى خفض كثافة تواجد نيماتودا تعقد الجذور فى التربة (Yücel وآخرون ٢٠٠٧).

ثانيا: النيماتودا

لا تتأثر الفطريات المتحملة للحرارة، والأكتينوميسيتات، والزيدومونادز الفلورية flurescent pseudomonads والـ *Baclillus* spp. سوى قليلاً بالحرارة أثناء عملية الـ solarization، وسرعان ما تستعيد نشاطها لتستعمر التربة دون منافسين لها بعد انتهاء عملية التعقيم؛ الأمر الذى يفيد فى مكافحة النيماتودا (عن Giannakou وآخرون ٢٠٠٧).

يؤدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى إلى تخفيض أعداد النيماتودا التى توجد فى التربة حتى عمق حوالى ٣٠ سم، أما فى الأعماق الأكثر من ذلك فإن الارتفاع فى درجة حرارة التربة لا يكون بالقدر الذى يمكن أن يؤثر فى النيماتودا؛ ولذا.. فإن التعقيم بالإشعاع الشمسى يكون أكثر فاعلية فى مكافحة النيماتودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية.

وتبعًا لدراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤ب) فإن أعلى درجة حرارة أحدثها التعقيم بالإشعاع الشمسى (فى شمال ولاية فلوريدا الأمريكية) بلغت ٤٩,٥°م على عمق ٥ سم، و٤٦°م على عمق ١٥ سم، و٤٠,٥°م على عمق ٢٥ سم، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى أعداد أنواع النيماتودا: *Paratrichodorus minor*، و *Rotylenchulus reniformis*، و *Circonemella* spp. على صنفين من الطماطم بعد ٨٥ يومًا من الشتل. وقد تساوت فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى — فى هذا الشأن — مع فاعلية التعقيم بمخلوط من بروميد الميثايل والكلوروبكرن، بنسبة ٦٧ : ٣٣، وبمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٧ كجم/ فدان).

كما وجد Stevens وآخرون (١٩٨٨ب، و١٩٨٨ج) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث انخفاضًا فى أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بلغ ٩٢٪ فى إحدى الدراسات.

وتبعًا لـ Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) فإن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد — كثيرًا — من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور.

كذلك أوضحت دراسات Abdel-Rahim وآخرين (١٩٨٨) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى مكافحة النيماتودا *R. reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

ويفيد التسميد العضوى — مثل استخدام سبلة الدواجن وسبلة الماشية — مع التشميس فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور بصورة أفضل من معاملة التشميس فقط، علمًا بأن التسميد العضوى فقط لم يكن مؤثرًا فى مكافحة النيماتودا (Oka وآخرون ٢٠٠٧).

ثالثا: النباتات الزهرية المتطفلة

وجد Jacobson وآخرون (١٩٨٠) أن تغطية التربة فى حقل موبوءٍ — بشدة — بالهالوك المصرى *Orobanche aegyptiaca* لمدة ٣٦ يومًا قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورةٍ جيدةٍ، حيث نما محصول الجزر

بصورة طبيعية فى الحقل المعامل، بينما تقزمت نباتات الجزر، وأصيبت — بشدةٍ — بالهالوك فى الحقل غير المعامل. وقد وُجِدَ أن الغطاء البلاستيكى — الذى كان من النوع الأسود — أدى إلى رفع حرارة التربة فى الخمسة سنتيمترات العلوية بمقدار ٨-١٢°م، أى حتى ٥٦°م.

وقد أدت معاملة تشميس تربة البيوت المحمية إلى زيادة الحرارة القصوى للتربة بنحو ١٠°م، ووصلت الحرارة على عمق ٥ سم لأكثر من ٤٥°م لمدة ٣٤- ٥٨ يومًا، بينما لم يحدث ذلك فى معاملة الكنترول. هذا ولم تظهر أى نموات للهالوك *Orobache ramose* فى التربة المعاملة، كما لم تتكون أى ممصات أو درينات tubercles للهالوك على جذور الطماطم المزروعة. وقد أدت المعاملة إلى قتل حوالى ٩٥٪ من بذور الهالوك الحية التى وضعت فى التربة، واستحثت سكون ثانوى فى الـ ٥٪ المتبقية. وبالمقارنة .. فقد أصيبت الطماطم بكثافة فى التربة التى لم تُعامل وانخفض فيها النمو النباتى والمحصول، وبلغت الزيادة فى المحصول فى التربة المعاملة ١٣٣٪-٢٥٨٪ (Mauromicale وآخرون ٢٠٠٥).

رابعًا: الأكاروس والحشرات

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على الأكاروس (العنكبوت الأحمر الذى يوجد فى التربة، بينما لا يؤثر — أو يُعرف أنه يؤثر — على أعداد الحشرات التى تجد فى التربة مأوى لها. ولكن التعقيم بالإشعاع الشمسى يُحدث — مع التبخير ببروميد الميثايل — خفضًا كبيرًا فى أعداد عدة مجموعات من الأكاروس والحشرات الدقيقة (Ghini وآخرون ١٩٩٣).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحولية والمعمرة. ويمكن تلخيص أهم النتائج التى حُصل عليها — فى هذا الشأن فيما يلى (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
		أولاً: حشائش كُوفحت بشكل جيد
Poa annua	Annual bluegrass	
Echinochloa crus-galli	Barnyardgrass	دنيبة
Oxalis pes-caprae	Bermuda buttercup	عرق الليمون
Solanum nigrum	Black nightshade	عنب الديب
Malya parviflora	Cheeseweed	خبيزة
Xanthium spinosum	Cocklebur	شُبيط
Stellatia media	Common chickweed	قزآزة
Senecio vulgaris	Common groundsel	مُرّار
Orobanche aegyptiaca	Egyptian broomrape	الهالوك
Convulvlus arvensis	Field bindweed	عُليق (من البذرة)
Solanum sarachoides	Hairy nightshade	
Lamium amplexicaule	Henbit	طاقية الغراب أو فم السمكة
Datura stramonium	Jimsonweed	الداتورة
Chenopodium album	Lambsquarters	ركبة الجمل أو فساء الكلب
Montia perfoliata	Miners lettuce	
Chenopodium murale	Nettleleaf goosefoot	لسان الطير
Lactuca serriola	Prickly lettuce	خس البقر
Sida spinosa	Prickly sida	
Calandrinia ciliate	Redmaids	
Anagallis retroflexus	Redroot pigweed	
Angallis sp.	Scarlet pimpernel	
Capsella bursa-pastoris	Shepherdspurse	كيس الراعى
Abutilon theophrasti	Velvetleaf	
Oxalis stricta	Woodsorrel	
		ثانيًا: حشائش قلت أعدادها ولكنها لم تكافح بصورة كاملة
Eleusine indica	Goosegrass	نجيل
Digitaria sanguinalis	Large crabgrass	دفيرة
Eragrostis sp.	Lovegrass	حشيشة الحُب

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
الرجلة	Purslane	*Portulaca oleracea*
زُمّير	Wild oat	*Avena fatua*
ثالثًا: حشائش كوفحت ولكنها نمت سريعًا مرة أخرى:		
النجيل	Bermudagrass	*Cynodon dactylon*
عليق (نمو قائم)	Field bindweed	*Convolvulus arvensis*
حشيشة جونسون	Johnsongrass	*Sorgum halepense*
حب العزيز — السعْد	Yellow nutsedge	*Cyperus esculentus*
رابعًا: حشائش كانت مقاومة لعملية بالإشعاع الشمسى:		
حندقوق	White sweetclover	*Melilotus alba*

التأثيرات الأخرى الإيجابية والسلبية للتعقيم بالإشعاع الشمسى

التأثيرات الإيجابية

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى تحقيق مزايا أخرى، نذكر منها ما يلى:

١-تزداد الكميات الميسرة لاستعمال النبات من بعض العناصر المغذية، مثل النيتروجين (فى صورتيه النتراتية والأمونيومية)، والكالسيوم، والمغنيسيوم (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

٢-يحدث انخفاض فى ملوحة التربة (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨)؛ بسبب تعريض التربة لرطوبة عالية لفترة طويلة قبل الزراعة، مع انعدام التبخر السطحى الذى يؤدى إلى تزهر الأملاح.

التأثيرات السلبية

يكون للتعقيم بالإشعاع الشمسى تأثيرات سلبية مؤقتة، نذكر منها ما يلى:

١-تقلل المعاملةُ أحيانًا من تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات، كما حدث فى الفول الرومى؛ حيث تقزمت النباتات فى البداية،

ولكنها استعادت نموها سريعًا بعد ذلك (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨). ويمكن التغلب على هذا التأثير السلبى بمعاملة بذور البقوليات ببكتيريا العقد الجذرية قبل الزراعة.

٢- تنخفض أعداد بعض كائنات التربة المفيدة — مثل فطريات الميكوريزا mycorrhizal fungi فى الطبقة السطحية من التربة، ولكن ليس إلى الدرجة التى تؤثر فى فعلها المفيد.

٣- تنخفض — جزئيًّا — أعداد بعض الكائنات الدقيقة المفيدة أثناء التعقيم؛ مثل بعض أنواع البكتيريا من جنسى *Bacillus*، و *Pseudomonas*، ولكنها تسترجع أعدادها الطبيعية سريعًا بعد ذلك (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤)، وتتفوق على غيرها، وتزداد أعدادها بدرجة كبيرة (Gamliel & Stapleton ١٩٩٣).

بدائل المبيدات لتعقيم التربة

فوق أكسيد الأيدروجين وثانى أكسيد الأيدروجين

يُستخدم كلاً من فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide، وثانى أكسيد الأيدروجين hydrogen dioxide فى مكافحة الأمراض النباتية رشًّا، وكمعقمات للأسطح غير المسامية، وسقيًا للتربة وحول النباتات بتركيز ١٪-٣٪ من التحضيرات التجارية التى تحتوى على ٢٧٪-٣٣٪ فوق أكسيد الأيدروجين. يعمل فوق أكسيد الأيدروجين — وهو مؤكسد قوى — على أكسدة الأغشية الخلوية وتمزيق الخلايا وموتها.

ومن تحضيراته التجارية، ما يلى:

Di-Oxy Solv Plus

GreenClean

Oxidate

PERpose Plus

Terra Clean 5.0

(Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

التعقيم اللاهوائى للتربة

يُجرى التعقيم اللاهوائى للتربة anaerobic soil disinfestations بإضافة مادة عضوية طازجة (غير متحللة) للتربة وتغطيتها بغشاء بلاستيكى ورى الطبقة السطحية للتربة لدرجة التشبع (حوالى ٥سم من ماء الرى)؛ لأجل توفير ظروف مناسبة لحدوث تحلل لا هوائى للمادة العضوية. ولقد وجد أن استعمال أى من عدد من المخلفات العضوية (مثل كُسب بذور المسترد — وهو مُبَّخر بيولوجى للتربة — والمسترد الهندى *B. juncea*، والمسترد الأبيض *B. alba*، والراى *Secale cereale*) مع المولاس عند خلط المخلفات بالتربة أدى إلى توليد ظروف لا هوائية فى التربة. وعلى الرغم من أن محصول الفلفل والطماطم لم يتأثر بالمعاملة، فإن ذلك قد يكون مرده إلى قلة تواجد المسببات المرضية فى التربة التى أُجريت فيها الدراسة (McCarty II وآخرون ٢٠١٤).

استخدام مخلفات الفصيلة الكرنبية (الصليبيات) فى تعقيم التربة

إن استعمال الصليبيات — مثل *Brassica carinata*، و *B. nigra*، و *B. juncea* — كسماد أخضر يُقلب فى التربة يفيد كثيرًا فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، من خلال تأثير مركبات الأيزوثيوسيانات isothiocynates — التى تنتج من تحلل تلك النباتات — على تثبيط نمو الغزل الفطرى وإنبات كلاً من الجراثيم الكونيدية والكلاميدية للفطر. وقد تبين أن أكثر مركبات الأيزوثيوسيانات تأثيرًا كانت الـ propenyl والـ ethyl، كما كانت مركبات أخرى منها، مثل الـ benzyl، والـ phenethyl ذات تأثير سام على الفطر كذلك (Smolinska وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت حراثة مخلفات البروكولى فى التربة مع المعاملة بجرعة منخفضة من الميثام صوديوم إلى خفض مستوى تواجد الفطر *Verticillium dahliae* إلى نهاية موسم زراعة الخرشوف، مع انخفاض فى نسبة النباتات التى أصيبت بذبول فيرتسيليم (Berbegal وآخرون ٢٠٠٨).

كذلك أدت حراثة مخلفات البروكولى فى التربة إلى خفض معدلات إصابة القنبيط بذبول فيرتسيليم الذى يسببه الفطر *V. dahliae*، وذلك من خلال خفض المخلفات لأعداد الأجسام الحجرية microsclerotia للفطر (Subbarao & Hubbard وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى قلب بعض أنواع الجنس *Brassica* فى التربة كسماد أخضر إلى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور، بتأثير الجليكوسينولات glucosinalets التى تنتجها تلك النباتات على خفض أعداد النيماتودا فى التربة؛ ومن ثم خفض ما تحدثه من أضرار بجذور النباتات المنزرعة (Monfort وآخرون ٢٠٠٧).

ومن بين الحالات الأخرى العديدة التى تبين فيها التأثير الايجابى للتسميد الأخضر بالنباتات الصليبية، ما يلى:

- أمكن مكافحة الفطر *Aphanomyces euteiches* — مسبب مرض عفن جذور أفانوميسس فى البسلة (والتى لا تعرف وسيلة فعالة لمكافحته).. أمكن مكافحته بقلب مخلفات المحاصيل الكرنبية فى التربة. وقد تبين أن تأثيرها كان مرده إلى المركب 2-propenyl isothiocynate الذى ينتج من تحلل الكرنبيات.
- أفادت مخلفات الكيل فى مكافحة الفطر *Thielaviopsis basicola* فى الفاصوليا.
- وأفادت مخلفات الكرنب فى مكافحة الفطر *Verticillium dahliae*.
- وفى القنبيط يكافح ذبول فيرتسيليم بكفاءة عالية باستعمال مخلفات البروكولى إلى درجة التوصية بإدخال البروكولى فى دورة القنبيط.
- أمكن الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Didymella bryoniae* مسبب مرض لفحة الساق الصمغية باستعمال مخلفات الكرنب.
- أمكن الحد كثيرًا من عدد جراثيم الفطر *Fusarium oxysporum conglutinans* باستعمال مخلفات عديد من محاصيل الكرنبيات، وازدادت فاعلية المعاملة عندما جُمع بينها وبين التشميس.

• كذلك خفضت مخلفات الصليبيات من أعداد البكتيريا *Rolstonia solanacearum* مسبب الذبول البكتيرى فى عدد من المحاصيل (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

ولكن فى المقابل.. وجد من بعض الدراسات، ما يلى:

• لم يكن لقلب نباتات مزهرة من *Brassica napus*. أو *B. juncea* فى التربة تأثيرًا على مكافحة أى من الفطرين *Pythium* spp. (مسبب مرض الذبول الطرى)، أو *Fusarium oxysporum* (مسبب مرض الذبول الفيوزارى) فى البطيخ (Njoroge وآخرون ٢٠٠٨).

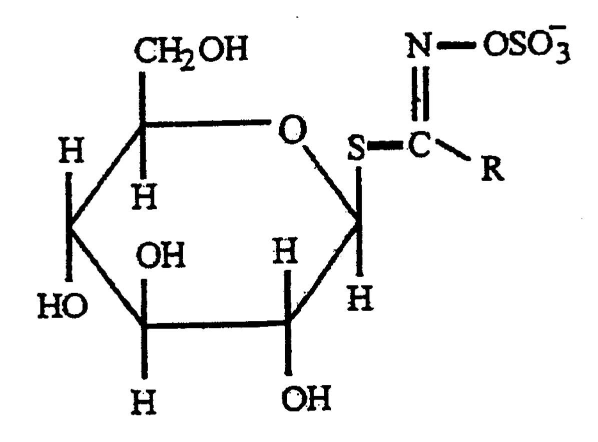
• دُرس تأثير التبخير الحيوى للتربة بمخلفات ١٩ صنفًا من الصليبيات: *Brassica juncea*، و *Raphanus sativus*، و *Sinapis alba* على مكافحة فطر فيرتسيليم *Verticillium dahliae*، ووجد أنه لم يكن كافٍ بمفردة كوسيلة فعالة للمكافحة، وخاصة إذا ما احتوت التربة على أكثر من ١٪ كربون عضوى؛ حيث يتطلب الأمر زيادة إضافات التربة من تلك المخلفات (Neubauer & Heitmann ٢٠١٤).

• استعمل عدد من الأنواع الصليبية (هى: *Brassica juncea*، و *Eruca sativa*، و *Sinapsis alba*) كمعقمات بيولوجية (غير كيميائية) للتربة، بخلطه فيها؛ حيث أدت إلى زيادة أعداد ثمار الفراولة ونموها الورقى، إلا أن المعاملة أضعفت استعمار الميكوريزا لجذور النباتات (Koron وآخرون ٢٠١٤).

مركبات الصليبيات المؤثرة فى تعقيم التربة

تحتوى نباتات الفصيلة الكرنبية على عدد كبير من المركبات – تعرف باسم جلوكوسينولات glucosinolates – هى التى تعطيها طعمها ونكهتها المميزة.

ولقد أمكن تعريف نحو ١٠٠ نوع مختلف من الجلوكوسينولات (شكل ٢-١)، وهى تختلف تركيبيًا – أساسًا- فى مجموعة الـ R، التى قد تكون أليفاتية aliphatic، أو أروماتية aromatic، أو مختلطة المجموعة الحلقية heterocyclic.



شكل (٢-١): التركيب الأساسى للجلوكوسينولات **glucosinolates**.

يؤدى تحلل الجلوكوسينولات بواسطة الإنزيم myrosinase إلى إطلاق أيونات الكبريتات والجلوكوز وعددًا من المركبات النشطة بيولوجيًّا، منها: الأيزوثيوسيانات isothiocynates والنيتريلات nitrils، والثيوسيانات thiocynates. وتتأثر نواتج التحلل بكل من مجموعة R والـ pH.

ومن بين نواتج تحلل الجلوكوسينولات تعد الإيزوثيوسيانات هى الأقوى بيولوجيًّا، حيث تُعد مضادات حيوية قوية لكل من الفطريات والثدييات والحشرات، ويرجع تأثيرها القوى إلى تفاعلاتها بمجموعات الـ Sulphydryl، وروابط الـ disulphide، ومجموعة الأمينو فى البروتينات والأحماض الأمينية؛ ومن ثم تكوينها لمركبات ثابتة (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

التعقيم (أو التطهير) بهيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم

يستعمل هيبوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite ، أو الكالسيوم Calcium Hypochlorite فى تطهير أوانى الزراعة التى يعاد استعمالها. ويستخدم لهذا الغرض مستحضرات التنظيف التجارية (مثل الكلوراكس Chlorox) التى تحتوى — عادة — على هيبوكلوريت الصوديوم بنسبة ٥,٢٪، بعد تخفيفها بالماء بنسبة ١ : ٥.

وقد أفاد هيبوكلوريت الصوديوم فى مكافحة كل من: فطر البيثيم *Pythium* — المسبب لمرض تساقط البادرات — فى البيت، و *Phomopsis sclerotioides* فى الرمل، و *Verticillium dahliae* فى الرمل والبيت (Avikainen وآخرون ١٩٩٣). كما وجد Maheshwari & Saini (١٩٩٢) أن إضافة ١٠ كجم من مسحوق التبييض Bleaching Powder للهكتار (٤,٢ كجم للفدان) مع ماء الرى أدت إلى مكافحة مرض الجذع الأسود — التى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* فى البطاطس بصورة أفضل من الرش بالاستربتوسيكلين Streptocycline أو أوكسى كلورور النحاس.

الفورمالدهيد

يستخدم الفورمالدهيد Formaldehyde فى تعقيم المشاتل الأرضية، ومخاليط الزراعة. وأوعية نمو النباتات، ويستعمل لذلك الفورمالين التجارى الذى تبلغ قوته ٣٧٪.

لتعقيم مخاليط الزراعة يستعمل الفورمالين التجارى بمعدل ٢,٥ ملعقة كبيرة فى كوب ماء لكل بوشل (١٠ لترات تقريبًا) من المخلوط ويجب ألا تقل حرارة المخلوط عن ١٣°م، وأن يُحاط بالبلاستيك أثناء المعاملة.

ولتعقيم أوعية نمو النباتات يخفف الفورمالين التجارى بالماء بنسبة ١ : ٢٠، وتغمر الأوعية والأدوات المراد تعقيمها فى المحلول المخفف، ثم تصفى منه، وتترك تحت غطاء بلاستيكى لمدة ٢٤ ساعة، ثم تُكشف وترش بالماء عدة مرات إلى أن تختفى رائحة الفورمالدهيد، ويستغرق ذلك ٤ أيام.

أما تعقيم تربة المشاتل الحقلية فيتم برش الفورمالين التجارى المخفف بالماء بنسبة ١ : ٥٠ على سطح التربة — بعد تجهيزها — بمعدل حوالى ٢٠–٤٠ لترًا/م٢، ثم تُغطى التربة المعاملة بالبلاستيك لمدة يوم أو يومين، وبعد ذلك يرفع الغطاء، وتترك مهواة لمدة ١٤–٢١ يومًا قبل استعمالها فى الزراعة. ولا تزرع المشاتل قبل أن تزول منها رائحة الفورمالدهيد.

هذا.. وتعد أبخرة المبيد سامة للنباتات النامية؛ الأمر الذى يعنى عدم جواز استخدامه بالقرب من نباتات نامية، وخاصة لو وجدت النباتات مع التربة أو المواد

التى يُراد تعقيمها فى حيزٍ واحدٍ مغلقٍ، كما فى الزراعات المحمية (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣).

ويستدل من دراسات Avikainen وآخرين (١٩٩٣) على أن الفورمالين (٣٧٪ فورمالدهيد) أفاد فى مكافحة كل من: فطر البثيم مسبب مرض تساقط البادرات فى الخيار عند استعماله فى تعقيم بيئة زراعة أساسها البيت موس، وكذلك فطريات *Phomopsis sclerotioides*، و *Verticillium dahliae*، و *Didymella bryoniae* فى البيت.

بدائل بروميد الميثايل الأقل تأثيرًا على البيئة وصحة الإنسان

ليس من بين أهداف هذا الكتاب الترويج لاستخدام المبيدات أيًّا كان نوعها، إلاَّ أن كثرة الدراسات التى أُجريت لأجل البحث عن بديل لاستخدام بروميد الميثايل أوجبت الإشارة إلى إثنان من أهمها، وهما: البازاميد ويوديد الميثايل.

البازاميد

البازاميد Basamid مبيد محبب يستخدم فى تعقيم التربة ومخاليط الزراعة، وهو حبيبى granular، ويحتوى على ٩٨٪ دازوميت Dazomet، الذى يتحلل فى التربة لينتج المركب الفعال methyl isothiocyanate. وهو فعال ضد مدى واسع من النيماتودا وفطريات وحشرات التربة والحشائش، وخاصة النابتة منها، وكذلك الخضرية التكاثر مثل السعد، والمتطفلة مثل الهالوك. ويستخدم البازاميد فى تعقيم الصوبات والمشاتل. وأوعية الزراعة، ومخاليط التربة.

وإذا وجدت جذور نباتية مصابة بالنيماتودا يجب تركها لتتحلل فى التربة الرطبة أولاً لمدة ٢–٣ أسابيع قبل المعاملة بالبازاميد.

تختلف الكمية المستعملة من البازاميد لكل متر مكعب من خلطة الزراعة، أو لكل متر مربع من سطح التربة كما سيأتى بيانه، ويراعى زيادة الكمية المستعملة منه عند زيادة المادة العضوية فى التربة. كما تجب إضافة المادة العضوية قبل حرث التربة، وليس مع البازاميد، أو بعد إضافته.

يجب أن تكون التربة ممهدة جيدًا وناعمة إلى العمق الذى يُرغب فى تعقيمه؛ لأن البازاميد لا يمكنه الوصول إلى داخل تكتلات التربة. كما يجب تجنب إجراء المعاملة بالبازاميد والتربة جافة. وتزداد كمية البازاميد المستعملة عند زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، كما تزداد كذلك الفترة من انتهاء التعقيم إلى حين الزراعة.

ويحصل على أفضل النتائج من استعمال البازاميد حينما تحتوى التربة على رطوبة بنسبة ٦٠٪–٧٠٪ من سعتها الحقلية لمدة ٨–١٤ يومًا – قبل المعاملة بالمبيد – حسب درجة الحرارة السائدة. ففى مثل هذه الظروف تكون الآفات ومسببات الأمراض فى أكثر حالاتها حساسية للمبيد، كما تكون البذور قد باشرت الإنبات، حيث تكون أكثر عرضة للتسمم بالمبيد.

وعند تعقيم مخاليط الزراعة بالبازاميد يتم فرش المخلوط على شريحة من البوليثيلين ثم يضاف البازاميد – بين طبقات من المخلوط – بمعدل ٢٠٠–٣٠٠ جم من المبيد لكل متر مكعب من بيئة الزراعة، مع خلط المبيد جيدًا مع طبقة المخلوط فى كل مرة. يكوّم المخلوط حتى ارتفاع متر، ثم يُرش بالماء أو يُغطى بشريحة بلاستيكية. يُترك المخلوطُ على هذا الوضع لمدة ٤– ٢٥ يومًا – حسب درجة الحرارة – ثم يُهوى المخلوطُ بنقله باستعمال "الكريك"، ويترك لمدة ٢–١٠ أيام. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار تحريك المخلوط باستعمال الكريك؛ وذلك للسماح بزيادة سرعة خروج الغازات من كومة مخلوط الزراعة.

ويمكن استعمال البازاميد فى حقول الزراعة على صورة حزام مكان خط الزراعة المتوقع. يكون عرض الحزام – عادة – ٢٠ سم، وتكون إضافة المبيد حتى عمق ٢٠ سم، بمعدل ٤٠–٦٠ جم/م^2 من سطح الأرض. وتلزم زيادة كمية المبيد المستعملة بمقدار ١٥– ٢٠ جم/م^2 من سطح الأرض مع كل ١٠ سم إضافية عمقًا يُراد تعقيمها. يراعى خلط المبيد جيدًا بالتربة الناعمة، والتأكد من الزراعة فى منتصف الحزام بعد انتهاء فترة التعقيم والتهوية. ويفيد ذلك فى السماح للنباتات الصغيرة بالنمو فى بيئة خالية من مسببات الأمراض والآفات، إلى أن تكبر فى العمر والحجم، وتصبح أكثر قدرة على تحمل الإصابات المرضية، أو أقل تأثرًا بتلك

الإصابات المتأخرة. ويتوقف عرض وعمق الحزام – الذى يمكن تعقيمه – على الفترة التى يُراد أن تنمو خلالها النباتات دون أن تتعرض للإصابة بالأمراض والآفات.

بعد انتهاء المعاملة بالبازاميد يجب تفكيك الطبقة السطحية من التربة حتى العمق الذى سبق خلطه بالمبيد، مع الحذر من إثارة التربة لأعماق أكثر من ذلك؛ حتى لا تخلط الطبقات السفلى غير المعقمة مع الطبقة العلوية المعقمة.

ويسمح بمرور فترة تتراوح بين ٤ أيام و٢٢ يومًا – حسب درجة الحرارة – لتهوية التربة قبل الزراعة فيها من جديد.

وتتوقف فترة التعقيم وفترة التهوية المناسبتين على طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة. وفى الأراضى الطميية تكون تلك الفترات كما يلى:

درجة الحرارة (م)	فترة التعقيم (يوم)	فترة التهوية قبل الزراعة (يوم)
≥ ٢٥	٤	٤
٢٠	٦	٥
١٥	٨	٧
١٠	١٢	١٢
٦	٢٥	٢٢

وتكون تلك الفترات أقصر فى الأراضى الخفيفة.

ولا تجوز المعاملة بالبازاميد عند انخفاض حرارة التربة عن ٦°م، وإلا تسرب المبيد بعمق فى التربة؛ محدثًا أضرارًا بعد ذلك. وإذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع قلت فاعلية المبيد؛ نظرًا لسرعة تبخره فى الهواء الخارجى. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار إثارة التربة (نشرة BASF).

يوديد الميثايل

يعد يوديد الميثايل methyl iodide (وهو: iodomethane) أبرز بديل لبروميد الميثايل؛ نظرًا لفاعليته الشديدة كمعقم للتربة، دون أن يكون له أى تأثيرات سلبية على

طبقة الأوزون. ولقد أنتج هذا المركب تجاريًّا بواسطة Arvesta تحت اسم Midas (عن Martin ٢٠٠٣).

ولقد أظهرت الدراسات التى أجريت فى كاليفورنيا أن تبخير التربة بنحو ٦٨ كجم من يوديد الميثايل يعادل فى فاعليته ١١٣,٥-١٢٢,٥ كجم من بروميد الميثايل، علمًا بأن الأول كان مثل الثانى — أو أفضل منه — فى القضاء على بذور الحشائش، والنيماتودا، والمسببات المرضية التى تجد فى التربة مأوى لها (University of California Delivers— الإنترنت — ٢٠٠٨).

الفصل الثالث

الممارسات الزراعية

تحتل الممارسات الزراعية دورًا أساسيًّا وبارزًا فى المكافحة المتكاملة للأمراض والآفات النباتية، وتشكل أولى وأهم البدائل لاستخدام المبيدات فى المكافحة.

فالممارسات الزراعية يمكن – على سبيل المثال – أن تلعب دورًا جوهريًّا فى المكافحة المتكاملة للذبابة البيضاء وما تحمله من فيروسات؛ نظرًا لأنها يمكن أن تمنع حدوث الإصابة ابتداءً. ومن بين تلك الأساليب: توفير فترة لا تتواجد فيها عوائل للذبابة، وتغيير مواعيد الزراعة،والدورة الزراعية، والتخلص من الحشائش وبقايا النباتات، وزراعة النباتات الحاجزة، وزيادة كثافة الزراعة، واستخدام الأغطية النباتية، وأغطية التربة، وزراعة المحاصيل الصائدة واستخدام الشباك العازلة (Hilje وآخرون ٢٠٠١).

وتعتمد المكافحة المتكاملة للأمراض التى تُصيب النباتات عن طريق التربة – خاصة فى الزراعة العضوية – على أمور معينة بصورة أساسية، منها الدورات الزراعية الطويلة المتوازنة، والإضافات العضوية للتربة، وتقليل الحراثة، وكلها أمور تؤدى إلى المحافظة على محتوى التربة من المادة العضوية وعلى خصوبتها. كذلك يمكن الاستفادة من تطبيق المكافحة الحيوية والمعاملة بالمستخلصات النباتية كإجراء إضافى وإن لم يكونا من الممارسات الزراعية (Van Bruggen & Termorshuizen ٢٠٠٥).

ويعتقد كثير من مزارعى الخضر العضوية فى المملكة المتحدة أن الأمراض والآفات تسبب لهم خسائر تزيد على ١٠٪ من المحصول، وأن أكبر مشكلة تواجههم هى الحشائش، فضلاً عن بعض الآفات الحشرية، والتى يفضلون التعامل معها بمبدأ تجنب الإصابة بها، وذلك بتجنب زراعة المحاصيل الأكثر تضررًا من تلك الآفات، واتباع دورات زراعية مناسبة، والاختيار المناسب لمواعيد الزراعة والحصاد (Peacock & Norton ١٩٩٠).

الدورة الزراعية

تلعب الدورة الزراعية دورًا هامًا فى مكافحة الأمراض؛ ذلك لأنها تمنع الزيادة المطّردة لأعداد بعض المسببات المرضية فى التربة من جهة، بالإضافة إلى خفضها لتلك الأعداد من جهة أخرى؛ بسبب حرمانها للمسببات المرضية من التكاثر على عوائلها المناسبة لها.

ومع أهمية الدورة الزراعية بالنسبة للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة. فإن بعضها يُنتج تراكيب يمكنها البقاء فى التربة لعدة سنوات فى غياب عوائلها. ومن أمثلة ذلك الفطريات المسببة لكل من الجذر الصولجانى فى الصليبيات. ولفحة فيتوفثورا، والذبول الفيوزارى فى مختلف النباتات. كذلك تتمتع عديد من المسببات المرضية بمدى عائلى كبير؛ الأمر الذى يجعل تنفيذ الدورة معها أمرًا صعبًا، ومن أمثلة ذلك فطريات اسكليروتينيا، ورايزكتونيا، وفيرتسيليم، ونيماتودا تعقد الجذور.

وبالنسبة للأمراض التى تحدث الإصابة فيها من خلال النموات الخضرية للنبات، فإن جراثيم تلك المسببات قد تنتقل — مع الهواء — لمسافات كبيرة، كما فى حالات أمراض البياض الزغبى والأصداء؛ الأمر الذى يجعل الدورة الزراعية قليلة الجدوى معها، ولكن الدورة تُفيد — حتى مع تلك الأمراض— فى تجنب الإصابات المبكرة التي قد تعيش الأطوار الساكنة لمسبباتها فى التربة.

وعلى الرغم من أن الدورات الزراعية تُجرى لأهداف متعددة، فإن الهدف الرئيسى منها يكون — عادة — مكافحة الأمراض؛ ولذا.. فإن مدة الدورة تتحدد بالفترة التى يجب الامتناع خلالها عن زراعة محصول معين؛ بهدف مكافحة مرض معين يصيب ذلك المحصول.

ونقدم — فيما يلى — بيانًا بطول الفترة التى يتعين عدم زراعة المحصول القابل للإصابة بمرض معين خلالها (عن Mulrooney ٢٠٠٨، و Ashley ٢٠٠٨).

المحصول	المرض	فترة عدم زراعة المحصول القابل للإصابة
الأسبرجس	عفن الجذور والتاج الفيوزارى	لا تجوز الزراعة قبل تعقيم التربة
الفاصوليا	أعفان الجذور	٣- ٤ سنوات
	الأنثراكنوز	سنتان
	اللفحة البكتيرية	سنتان
	عفن القرون الأبيض	عدة سنوات مع تجنب زراعة الطماطم والبطاطس والخس والكرنب
البنجر	تبقع الأوراق السركسبورى	٣ سنوات
الكرنبيات	القدم السوداء (فوما)	٣-٤ سنوات
	الساق السلكية وعفن الرأس (رايزكتونيا)	٣ سنوات
	العفن الأسود	٣ — ٤ سنوات
	الجذر الصولجانى	٧ سنوات
	الذبول الفيوزارى	الدورة قليلة الجدوى
الجزر	لفحات الأوراق	سنتان
الذرة السكرية	التفحم	٦ سنوات وقد لا تجدى الدورة
	لفحات الأوراق	٢-٣ سنوات
الخيار	الجرب وتبقعات الأوراق	سنتان
الكرفس	لفحات الأوراق	٢- ٣ سنوات
الباذنجان	ذبول فيرتسيليم	٤ سنوات مع تجنب زراعة الباذنجيات الأخرى والفراولة
	أعفان الثمار	٣ سنوات
الخس	عفن قاعدة النبات والسقوط	٣ سنوات
	تبقعات الأوراق	١-٢ سنة، مع تجنب زراعة القرعيات
الكنتالوب (القاوون)	الجرب	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
	الذبول الفيوزارى	٥ سنوات، وقد لا تكون الدورة مجدية
	لفحة الساق الصمغية	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
البصل	لفحات الأوراق	سنتان
البقدونس	الذبول الطرى	٣ سنوات
البسلة	أعفان الجذور	٣- ٤ سنوات
	الذبول الفيوزارى	٥ سنوات أو أكثر
الفلفل	البقع البكتيرية	سنتان
	لفحة فيتوفثورا	سنتان، مع تجنب زراعة الطماطم والفلفل والقرعيات
	الأنثراكنوز	سنتان، مع تجنب زراعة الطماطم

المحصول	المرض	فترة عدم زراعة المحصول القابل للإصابة
البطاطس	ذبول فيرتسيليم	٣-٤ سنوات، مع تجنب زراعة الطماطم
	عفن اسكليروتنيا	٤ سنوات
	تقرحات رايزكتونيا	٢-٣ سنوات، مع زراعة محاصيل الحبوب
	رشح بثيم والجذر الوردى	٤ سنوات
	الجرب العادى	٣ سنوات، مع عدم زراعة محاصيل جذرية
الكوسة والقرع	العفن الأسود	سنتان على الأقل، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
السبانخ	البياض الزغبى	سنتان
	الصدأ الأبيض	سنتان
الطماطم	التقرح البكتيرى	٣ سنوات
	البقع البكتيرية	سنتان مع تجنب زراعة الفلفل
	النقط البكتيرية	سنتان
	الندوة المبكرة	سنتان، مع تجنب زراعة البطاطس
	الأنثراكنوز	سنتان
البطاطا	القشف	٣ سنوات
	الجُدرى	٣ سنوات
البطيخ	لفحة الساق الصمغية	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
	الذبول الفيوزارى	٥-٦ سنوات، وقد لا تجدى الدورة
	الأنثراكنوز	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى

كذلك يفيد اتباع دورة زراعية مناسبة فى مكافحة عديد من البكتيريا المسببة للأمراض النباتية. فمثلاً.. البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* — مسببة مرض الجذع الأسود فى البطاطس — لا تبقى فى التربة– فى غياب عائلها — لأكثر من سنتين.

غمر التربة بالماء لفترات طويلة

يفيد غمر التربة بالماء — لفترات طويلة — فى التخلص من عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة. ويرجع تأثير الغمر — أساسًا — إلى نقص الأكسجين فى التربة مع طول فترة الغمر بماء راكد، علمًا بأن تجديد الماء يسمح بتزويد الكائنات الضارة التى تعيش فى التربة بمزيد من الأكسجين الذى يكون ذائبًا فى الماء؛ الأمر الذى يقلل من فاعلية الغمر.

ويكون الغمر بالماء أكثر فاعلية إذا أجرى صيفًا – أثناء ارتفاع درجة الحرارة– مما لو أجرى شتاءً؛ نظرًا لتضاعف معدل التنفس – ومن ثم الحاجة إلى الأكسجين – فى الحرارة المرتفعة؛ مقارنة بالحرارة المنخفضة؛ الأمر الذى يؤثر – بدوره – على كفاءة عملية الغمر فى التخلص من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة. فمثلاً.. وُجِدَ أن تواجد فطر الفيوزايم المسبب للذبول الفيوزارى فى الموز يزداد بمقدار ٢٠–٣٠ ضعفًا عند الغمر على ١٣°م؛ مقارنة بتواجده عند الغمر على حرارة ٢٤°م – ٣٤°م.

ولقد كان لغمر أراضى الحياض فى الصعيد – فى موسم الفيضان كل عام قبل إنشاء السد العالى – دورًا غاية فى الأهمية فى القضاء على مسببات أمراض البصل فى التربة، وخاصة الفطر المسبب للعفن الأبيض. كما أن زراعة الأرز تفيد كثيرًا فى القضاء على عديدٍ من مسببات الأمراض.

ومن بين مسببات الأمراض التى يقضى عليها غمر التربة بالماء ما يلى:

١– فطر الفيوزاريم *Fusarium* spp. المسبب للذبول الفيوزارى.

٢– فطر الفيرتسيليم *Verticillium* spp. المسبب لذبول فيرتسيليم.

٣– الفطر *Sclerotinia sclerotiorum*.

٤– بذور الهالوك.

٥– عدة أنواع نيماتودية؛ منها: *Meloidogyne* spp. (نيماتودا تعقد الجذور)، و*Trichodorus* spp.، و*Tylenchorhyncus* spp.، و*Radophlus similis*، و*Aphelenchoides oryzae*، (مسبب مرض القمة البيضاء White Tip فى الأرز).

٦– بكتيريا الذبول *Ralstona solanacearum*، حيث يؤدى غمر التربة بالماء إلى خفض أعداد البكتيريا فى التربة (عن Palti ١٩٨١).

٧– كما وجد أن غمر التربة بالماء أدى إلى فقد الأجسام الحجرية للفطر *Corticum rolfsii* لحيويتها بنسبة ٩٠٪ فى خلال تسعة أيام من الغمر، وارتبط فقد الحيوية بفقدها الكامل لقدرتها على إصابة النباتات (Sariah & Tanaka ١٩٩٥).

التجهيز الجيد لحقل الزراعة

تؤدى الحراثة الجيدة وقلب المخلفات النباتية فى التربة إلى سرعة التخلص من مصدر الغذاء الذى يمكن أن يعتمد عليه المسبب المرضى فى غياب العائل، كما يعرضه للمنافسة القوية من كائنات التربة الأخرى.

كذلك يفيد تمزيق ودفن بقايا النباتات فى التربة فى زيادة فاعلية الدورة الزراعية وسرعة التخلص من المسببات المرضية التى قد توجد فيها. كذلك يساعد دفن البقايا النباتية فى تقليل فرصة وصول المسببات المرضية إلى المحاصيل التالية فى الدورة. أما تمزيق البقايا النباتية فإنه يساعد فى سرعة تحلل كلاً من المادة العضوية والمسببات المرضية المتواجدة فيها. فمثلاً.. يمكن للبكتيريا المسببة للعفن الأسود فى الصليبيات أن تعيش على البقايا النباتية — غير المقطعة — فى التربة لمدة عام، ولكن تمزيق تلك البقايا يقلل مدة بقاءها إلى أقل من شهرين (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

هذا.. وتشتد الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* — عادة — فى الأراضى المندمجة compact؛ ولذا .. فإن التجهيز الجيد لحقل الزراعة وتفكيك التربة يفيد فى تجنب الإصابة الشديدة بهذا المرض. وكمثال على ذلك فإن تقليل انضغاط التربة بالحراثة الجيدة يعمل على خفض إصابة الفاصوليا بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Harveson وآخرون ٢٠٠٥). وبينما يؤدى تفكيك التربة إلى سهولة النمو الجذرى فيها. فإن المجموع الجذرى الضعيف لا يمكنه النمو فى الأراضى المندمجة. وفى المقابل.. وجد أن سلالات البسلة ذات المجموع الجذرى القوى تميزت بالقدرة الأكبر على النمو فى تلك الأراضى وفى وجود الفطر *F. solani* (Kraft & Boge ٢٠٠١).

قلب الأسمدة الخضراء والمخلفات النباتية والحيوانية والكمبوست فى التربة

إن تكاثر البكتيريا التى تتواجد طبيعيًا فى التربة الزراعية وتزايد أعدادها يُسهم فى تثبيط الإصابات المرضية بها؛ الأمر الذى يحدث عند قلب مخلفات زراعية فيها،

وليس أدل على ذلك من أن إضافة المضادات الحيوية البكتيرية إلى التربة يقلل أو يلغى تقريبًا عملية التثبيط المرضى التى تصاحب قلب المخلفات الزراعية فى التربة (Kasuya وآخرون ٢٠٠٦).

الأسمدة الخضراء

الأسمدة الخضراء green manure crops هى المحاصيل التى تزرع وتقلب فى التربة فى مرحلة مبكرة من نموها؛ لغرض زيادة نسبة المادة العضوية فى التربة. وأغلب المحاصيل التى تستعمل كأسمدة خضراء هى من النباتات البقولية، إلا أن بعضها من النباتات النجيلية والكرنبية وغيرها من الأنواع النباتية.

لقد أدت معاملة التربة بالأسمدة الخضراء لسنتين أو ثلاث سنوات متتالية إلى مكافحة ذبول فيرتسيليم — الذى يسببه الفطر *V. dahliae* — فى البطاطس، مع إحداث زيادة فى محصول الدرنات فى السنة الأولى لزراعتها بعد المعاملة بالأسمدة الخضراء، لكن المحصول انخفض فى السنة التالية. ولقد أحدثت الأسمدة الخضراء تأثيرات جوهرية إيجابية على النشاط الميكروبى تناسبت عكسيًّا مع شدة الإصابة بذبول فيرتسيليم (Davis وآخرون ٢٠١٠).

إضافات الأسمدة الحيوانية

إن إضافة الأسمدة العضوية الحيوانية الكاملة التحلل — والخالية من مسببات الأمراض — إلى التربة تؤدى إلى تثبيط نشاط وتكاثر مختلف مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ ويرجع ذلك إلى التحول المفاجئ الذى يحدث فى أعداد ونوعيات مختلف الكائنات الدقيقة فى التربة لدى إضافة السماد العضوى الحيوانى إليها؛ ذلك لأن هذه الأسمدة تحتوى على أعداد هائلة من هذه الكائنات، فضلاً عما توفره من طاقة لنمو وتكاثر هذه الكائنات والكائنات المماثلة الموجودة أصلاً فى التربة. ويكون لنشاط هذه الكائنات الدقيقة — وما تفرزه خلال نشاطها من مضادات حيوية — تأثيرات سلبية كبيرة على نشاط مسببات الأمراض فى التربة.

تتوفر أدلة عديدة على أن التسميد العضوى الجيد يمكن أن يؤدى إلى مقاومة عديد من المسببات المرضية، منها:

Fusarium spp.	*Aphanomyces* spp.
Pyrenochaeta omnivorum	*Macrophomina phaseolina*
Pyrenochaeta lycopersici	*Phytophthora* spp.
Sclerotinia spp.	*Rhizoctonia solani*
Streptomyces spp.	*Sclerotium* spp.
Verticillium spp.	*Thielaviopsis basicola*

وفى بعض الأحيان يُنشِّط السماد العضوى إنبات التراكيب الساكنة مثل الأجسام الحجرية sclerotia والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والجراثيم البيضية oospores، ولكنها لا يمكنها منافسة النشاط الميكروبى الرمِّى، كما قد لا يتوفر لها العائل المناسب فتموت. وفضلاً عن ذلك فإن النشاط الحيوى القوى الذى يوفره السماد العضوى يمكن أن يمنع إنبات الجراثيم أو يؤدى إلى تحللها وموتها المباشر، ويُسهم فى هذا الأمر كلاً من .*Pseudomonas* spp، و .*Streptomyces* spp، والبروتوزوا protozoa (Whipps ١٩٩٧).

كما تُنشِّط الأسمدة العضوية نُموّ الكائنات المترممة فى التربة، التى تثبط — بدورها — نمو الكائنات المرضة للنباتات. وعلى سبيل المثال.. وجد Asirifi وآخرون (١٩٩٤) أن تسميد حقول الخس بأى من سماد الماشية أو زرق الدواجن (سماد الكتكوت) ثبط نمو الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن اسكليروتنيا الطرى.

إضافات الكمبوست للتربة

إن إضافة الكمبوست إلى التربة قد تزيد من أعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى المحيط الجذرى، والتى تكون مضادة للكائنات المرضة التى تصيب النبات عن طريق الجذور، وقد وجد أن ذلك يرتبط إيجابيًّا بزيادة إنتاج الـ siderophores — بواسطة كائنات المحيط الجذرى — فى التربة (Alvarez وآخرون ١٩٩٥).

ولقد أمكن عمل ٤٩٣ عزلة (٢٤٥ من البكتيريا، و٧٣ من الأكتينوميسيتات، و١٧٥ من الفطريات) من عينات كمبوست فى درجات مختلفة من التحلل، وأظهرت الدراسة الأولية المختبرية أن ١٧٩ عزلة منها ثبطت نمو الفطر *Fusarium oxysporum* sp. *melonis* فى البيئة الصناعية، كما تبين أن راشح ١٠ عزلات فطرية منها — الخالى من الخلايا — كان مضاداً لفطر الفيوزاريم، وتبين — كذلك — أن التهوية الجيدة خلال عملية كمر الكمبوست كانت مناسبة لعزل الكائنات المضادة لفطر الفيوزاريم. وقد حُصل على أكثر العزلات فاعلية كمضادات للفيوزاريم من الكمبوست المكتمل التحلل، وكانت غالبيتها من الـ *Aspergillus* spp. (Suarez-Estrella ٢٠٠٧).

وأفاد استعمال مختلف أنواع الكمبوست فى التسميد العضوى للطماطم فى تقليل إصابتها بالذبول الفيوزارى (Rag & Kapoor ١٩٩٧).

كذلك أدت إضافة الكمبوست إلى الأراضى الزراعية إلى تثبيط بعض الأمراض التى تظهر طبيعيًا فى كل من الخيار والكوسة، ومنها: الذبول الطرى ولفحة بثيم، وتبقع الأوراق الزاوى فى الخيار، والبقع البنية، وأعفان الجذور، والأنثراكنوز فى الفاصوليا (Stone وآخرون ٢٠٠٣).

وتفيد إضافة الكمبوست فى المكافحة الحيوية للذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* فى كل من الخيار والبسلة. وقد أدى تعقيم الكمبوست إلى فقد ذلك التأثير؛ بما يفيد أهمية محتوى الكمبوست من الكائنات الدقيقة فى هذا الشأن (Chen & Nelson ٢٠٠٨).

وبينما لم يكن لاستعمال أنواع مختلفة للكمبوست كإضافات للتربة سوى تأثير ضئيل على الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* والباذنجان بالفطر *Verticillium dahliae*، فإن إضافة بكتيريا المحيط الجذرى *Paenibacillus alvei* (السلالة K16S) للكمبوست أسهمت بشكل فعال فى الحد من شدة الإصابة بالمرضين (Markakis وآخرون ٢٠٠٨).

وأوضحت الدراسات أن معاملة التربة بأى من الميكوريزا *Trichoderma viride* أو بكمبوست مخلفات البصل أدت إلى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل، وإلى مكافحة المرض بصورة جيدة، كانت — فى حالة استعمال كمبوست مخلفات البصل — مساوية لدرجة مكافحة المرض عندما استعمل المبيد tebuconazole (فى صورة Folicur). أما إضافة كمبوست مخلفات مزارع المشروم فلم يكن لها تأثير فى مكافحة المرض إلاّ عندما استعمل معه فطر الميكوريزا، حيث ساعد الكمبوست الفطر على التغلغل فى التربة، ومن ثم زيادة فاعليته فى مكافحة المرض (Coventry وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد أظهرت دراسة تم فيها فصل جذور الخيار إلى مجموعتين — كل منها فى وعاء مستقل عن الأخرى — أن إضافة الكمبوست إلى بيئة نمو جذور إحدى المجموعتين أدى إلى الحد من إصابة جذور المجموعة الأخرى بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر المرض (Lievens وآخرون ٢٠٠١).

وفى دراسة مماثلة .. أدت إضافة السلالة ٣٨٢ من الميكودرما *Trichoderma hamatum* إلى كمبوست بيئة نمو إحدى مجموعتى جذور الخيار إلى تقليل إصابة المجموعة الأخرى بالفطر *Phytopthora capsici* مسبب مرض عفن الجذور والتاج الفيتوفثورى، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر، وهذا التأثير لم يختلف جوهريًا عن التأثير الذى أحدثته معاملة السقى بأى من المبيد benzothiadiazole أو mefenoxam (Khan وآخرون ٢٠٠٤).

يثبط معظم أنواع الكمبوست مدى واسع من فطريات التربة المرضة للنباتات؛ وجد ذلك — على سبيل المثال — بالنسبة لمسببات أمراض الطماطم *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، أو *Pyrenocheta lycopersici*. ويقوم بعملية التثبيط هذه مجموعة من البكتيريا والفطريات التى تتواجد فى

الكمبوست. ونجد فى كثير من الأحيان أن تعقيم الكمبوست يقلل أو يلغى تأثيره المثبط؛ مما يعنى أن آلية تثبيط الأمراض هى بيولوجية بصفة أساسية. وفى كثير من الأحيان وجد أن الكمبوست المعقم استعاد خاصيته المثبطة للأمراض بعد التعقيم بعد سرعة استعماره بعشائر ميكروبية متنوعة؛ مما يدعم دور الكائنات الدقيقة فى خاصية التثبيط. هذا.. إلا أنه يعتقد بأن جزءًا من تلك الخاصية يعود إلى عوامل غير حيوية.

كذلك وجد أن إضافة الكمبوست للتربة تثبط النيماتودا المسببة للأمراض فى الطماطم (عن Yogev وآخرين ٢٠٠٩).

كما وجد أن زراعة الطماطم فى الكمبوست يحميها من الإصابة بالبكتيريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*، حيث كان استعمار البكتيريا للطماطم النامية فى الكمبوست صفر٪ – ٢٠٪، مقارنة بنسبة استعمار بلغت ٥٣٪–٩٠٪ فى حالة الزراعة فى البيت موس، و٣٠٪–٩٠٪ عندما كانت الزراعة فى البرليت. وقد تبين أن البكتيريا المرضة اختفت – تقريبًا – من الكمبوست بعد ١٥–٢٠ يومًا من تلويثه بها، بينما استمر تواجدها بأعداد كبير فى البيت لمدة ٣٥ –٤٠ يومًا (Yogev وآخرون ٢٠٠٩).

وأدت إضافة الكمبوست إلى التربة إلى تثبيط نشاط فطريات الذبول الطرى *Pythium aphanidermatum*، و*P. irrigulare*، و*P. myriotylum*، وذلك عندما كانت إضافتها بمعدل ٨٠ كجم من كمبوست الأوراق أو ٤٠ كجم من كمبوست مخلفات المجارى/م^{3} من التربة (Ben-Yephet & Nelson ١٩٩٩).

وأكدت عدة دراسات قدرة الكمبوست على تثبيط عديد من المسببات المرضية التى تعيش فى التربة وتسبب تساقط البادرات وأعفان الجذور (مثل: *Pythium ultimum*، و*Rhizoctonia solani*، و *Phytophthora* sp.) والذبول (مثل: *Fusarium oxysoprum*، و *Verticillium dahilae*). وكانت نتائج تلك الدراسات أكثر وضوحًا وثباتًا فى الزراعات اللاأرضية منها تحت ظروف الحقل. هذا.. وتزداد كفاءة الكمبوست فى المكافحة بزيادة معدل

إضافته، مع إضافة الكمبوست بما لا يقل عن ٢٠٪ بالحجم لتحقيق نتائج ثابتة فى مكافحة الأمراض، وخاصة فى بيئات البيت موس، وأقل من ذلك فى التربة. ويؤدى تعقيم الكمبوست — عادة — إلى فقده لخاصية تثبيط الأمراض؛ بما يعنى أن تأثيره — غالبًا — بيولوجى، على الرغم من أن له تأثيرات أخرى فيزيائية وكيميائية. وقد وجد أن تلقيح الكمبوست بكائنات المكافحة الحيوية يُحسِّن من كفاءته فى مكافحة الأمراض (Noble & Coventry ٢٠٠٥).

لطالما استخدمت إضافات الكمبوست للتربة فى توفير درجة من المكافحة للمسببات المرضية التى تعيش فيها. وتتأثر كفاءة الكمبوست فى هذا الشأن بكل من تركيب المادة العضوية التى يُجهز منها الكمبوست، وعملية الكمر ذاتها، ومدى ثبات ونضج الكمبوست، ومدى غناه بالمغذيات النباتية الميسرة، والكميات المستعملة منه (De Ceuster & Hoitink ١٩٩٩).

وقد أصبح من المعروف أن معظم أنواع الكمبوست تثبط الإصابة بكل من عفن جذور فيتوفثورا وعفن جذور بثيم، ولكن بعضها فقط هو الذى يثبط عفن الجذور الرايزكتونى، بينما القليل جدًّا منها هو الذى يستحث مقاومة جهازية فى النباتات.

هذا.. وتُسهم الكائنات الدقيقة التى تزدهر فى الكمبوست فى تثبيط الإصابات المرضية فى الأراضى الملوثة بمسببات الأمراض التى تعيش فى التربة من خلال أربعة آليات، هى:

١- التضادية الحيوية.

٢- التنافس competition.

٣- التطفل الافتراسى predation hyperparasitism.

٤- حث مقاومة جهازية مكتسبة فى النباتات.

ولقد أمكن زيادة قدرة الكمبوست على تثبيط الأمراض، وذلك بتخصيبه أو تلقيحه بكائنات دقيقة ذات قدرة على تثبيط أمراض معينة، أو بتخصيبها بإضافات أخرى.

يُعرف هذا الكمبوست المعدل أو المحسن باسم الكمبوست "المفَصَّل" tailored compost، وقد شاع استخدامه كبديل لعديد من المبيدات الفطرية والنيماتودية.

ومن أمثلة الأمراض التى أمكن مكافحتها باستخدام الكمبوست المفصَّل، ما يلى:

١-عفن جذور بثيم.

٢-عفن جذور فيتوفثورا فى الفلفل.

٣-لفحة الساق الرمادية (ashy) وعفن الجذور فى الفاصوليا واللوبيا.

٤-النيماتودا (USEPA ١٩٩٧).

زراعة المحاصيل الشراكية والصائدة والحاجزة

المحاصيل الشراكية والصائدة

تعرف المحاصيل الشراكية باسم Decoy Crops، وهى ليست من عوائل مسببات الأمراض التى تستعمل فى مكافحتها، ولكنها تزرع بهدف تنشيط إنبات ونمو الأطوار الساكنة من مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة — فى غياب عوائلها المناسبة — الأمر الذى يؤدى إلى سرعة موتها والتخلص منها.

أما المحاصيل الصائدة Trap Crops فهى نباتات شديدة القابلية للإصابة بالآفات أو مسببات الأمراض التى تُستخدم تلك النباتات فى مكافحتها. ويستفاد من هذه النباتات فى المكافحة بزراعتها ثم قلبها فى التربة — أو حصادها — بعد إصابتها، ولكن قبل أن تتكاثر عليها المسببات المرضية وتكمل دورة حياتها؛ حيث يؤدى ذلك إلى خفض تواجد تلك المسببات المرضية فى التربة.

إن زراعة محصول صائد محبب للآفات الخطيرة فى منطقة الإنتاج يجعل من الممكن الحد من استخدام المبيدات فى المكافحة؛ نظرًا لأن الآفة ستجد غذاءها فى حافة الحقل، ولا تكون بحاجة لبذل مزيدٍ من الجهد للانتقال إلى الأجزاء الأخرى من الحقل. ومع عدم استخدام المبيدات مع المحصول المزروع تتم المحافظة على الأعداد الطبيعية للآفات

وازدهارها. أما خطوط المحصول الصائد ذاتها فقد تترك دون مكافحة إن لم تكن هناك حاجة إليها؛ فتوفر بذلك غذاء جيدًا للأعداء الطبيعية التى يزيد ازدهارها، وتفيد فى مكافحة أى إصابات قد تلحق بالمحصول المزروع، أو أنها قد تُعامل ببدائل المبيدات؛ الأمر الذى يفيد فى إمكان تسويق المحصول الصائد. هذا.. ويؤدى الحد من استعمال المبيدات إلى التوفير فى تكلفتها والحد من التلوث البيئى ومشاكل الأمان الصحى لمستهلكى المحصول، فضلاً عن تأخير ذلك لتطور ظهور حالات المقاومة للمبيدات بين الآفات (Boucher ٢٠٠٧).

ومن أمثلة النباتات الصائدة ومسببات الأمراض التى تستخدم تلك النباتات فى مكافحتها ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفاد فى التخلص منه
تثالل جذور الصليبيات *Plasmodiophora brassicae*	الزوان، و *Papaver rthoeas*، و *Reseda odorata*
الجرب المسحوقى فى البطاطس *Spongopora subterranea*	الداتورة
الهالوك *Orobanche* spp.	دوار الشمس، والقرطم، والكتان، والبرسيم الحجازى، والحمص
العدار *Striga asiatica*	حشيشة السودان
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.	*Tagetes patula*، و *Sesamum orientale*، والخروع، والأقحوان (الكريزانثيمم)، والفول السودانى
نيماتودا تقرح الجذور *Pratylenchus penetrans*	*Tagetes patula*
النيماتودا *Trichodorus* spp.	الأسبرجس.

ومن الأمثلة الأخرى للمحاصيل الصائدة، ما يلى:

١-زراعة الـ Hubbard Squash لجذب ثاقبة ساق الكوسة وخنفساء الخيار المخططة بعيدًا عن زراعات البطيخ والقرع العسلى والكنتالوب.

٢-زراعة الذرة السكرية أو العادية لجذبها (قبل بزوغ الحريرة) لثاقب الذرة الأوروبى بعيدًا عن زراعات الفلفل، وجذب دودة الكوز (دودة الثمار) بعيدًا عن زراعات الطماطم.

٣-زراعة الصليبيات ثم قلبها فى التربة قبل اكتمال تطور النيماتودا المكونة للحوصلات فيها.

٤-وجد أن أكثر من ٥٠٪ من بذور الهالوك *Orobanche aegyptiaca*، و *O. crenua* تنبت في وجود جذور ٩ أصناف فلفل تم اختبارها، لكن لم يحدث ذلك في وجود جذور صنف الفلفل مأور Maor. وبالرغم من ذلك الإنبات لبذور الهالوك، فلم يتصل منها بالفلفل ويتطفل عليه سوى القليل، ولم يُحدِث الهالوك به أضرارًا جوهرية، سواء أكان ذلك في النمو الخضرى أم في المحصول. وبالمقارنة.. فإن جذور الطماطم حثت إنبات أقل من ١٠٪ من بذور الهالوك إلاّ إنها كانت شديدة القابلية للإصابة، حيث اتصل حوالى ٣٠ نبات هالوك بكل نبات طماطم، وأحدثوا بالطماطم أضرارًا جوهرية (Hershenhorn وآخرون ١٩٩٦).

يتطلب اللجوء إلى المحصول الصائدة في مكافحة الحشرات الإلمام بكثير من الحقائق، كما يلي:

١- طريقة تغذية الآفة ووضعها لبيضها، علمًا بأن المحصول الصائد يجب أن يكون أكثر جاذبية للآفة — بكثير — كمصدر للغذاء وكموقع لوضع البيض عن المحصول المزروع.

٢- نظام تحرك الآفة في الحقل؛ ففي معظم الأحيان يُركّز في زراعة المحاصيل الصائدة على جذب الآفة وتقييد حركة طورها المكتمل النمو؛ فلا تتحرك نحو المحصول الرئيسي. ولكن إذا ما كانت الأفراد الكاملة النمو لها قدرة عالية على الطيران، ولم يكن المحصول الصائد جاذبًا لها بالقدر الكافي، فإن الآفة قد لا تُقيَّد بواسطة المحصول الصائد.

٣- توزيع زراعة المحصول الصائد؛ فهل يزرع حول حقل المحصول الرئيسي، أم في مساحات متناثرة فيه. يتوقف الأمر على نظام حركة الآفة، ولا توجد قاعدة لنظام زراعة المحصول الصائد يمكن أن تغطى كل الحالات، كذلك فإن الأمر يتوقف على ما إذا كان الحقل الإنتاجي شريطيًّا أم مربعًا.

٤- نسبة مساحة المحصول الصائد من المساحة المحصولية الإجمالية؛ فإن تلك النسبة يجب أن تكون الأفضل من الوجهتين الاقتصادية والعملية لأجل تحقيق الهدف المنشود.

٥-مصير الآفة التي تحط على المحصول الصائد؛ فما لم تمت الأطوار الصغيرة على

المحصول الصائد قبل وصولها إلى طور اكتمال النمو، فإن حركتها إلى المحصول الرئيسى تُصبح أمرًا مؤكدًا. ولذا.. يتعين فحص المحصول الصائد بصورة دورية. هذا.. مع العلم بأن بعض النباتات الصائدة يمكن أن تكون جاذبة لوضع البيض عن المحصول الرئيسى، ولكنها لا تسمح بنمو اليرقات عليها؛ مما يؤدى إلى موتها، وذلك كما فى حالة الجرجير الأصفر yellow rocket الذى يجذب إليه الفراشة ذات الظهر الماسى لوضع بيضها بنحو ٢٤-٦٦ ضعف جذب الكرنب لها، لكن يرقات الحشرة لا يمكنها النمو على الجرجير الأصفر (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management - الإنترنت - ٢٠٠٦).

المحاصيل الحاجزة أو العائقة

تفيد زراعة المحاصيل الحاجزة أو العائقة Barrier Crops فى منع انتقال الإصابات الفيروسية بواسطة المنّ، وذلك بإحاطة الحقل بحزام من محصول آخر، مع مكافحة الحشرة فى هذا الحزام.

كما يمكن خفض حدة الإصابة بفيرس تبقع البابا الحلقى الذى يصيب القرعيات بزراعة حزام من الذرة حول حقل القرعيات؛ حيث تحط حشرة المنّ المهاجرة إلى الحقل - من الحقول المجاورة - على نباتات الذرة الأكثر طولاً والأكثر جاذبية للحشرة إذا قورنت بالقرعيات؛ حيث تسبر الذرة بأجزاء فمها الثاقبة الماصة عدة مرات - تفقد خلالها ما قد تحمله من جزيئات هذا الفيرس - قبل أن تنتقل إلى نباتات القرعيات.

وقد أدت زراعة حزام من البطاطس أو فول الصويا أو الذرة الرفيعة أو القمح حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس إلى خفض نسبة الإصابة بفيرس واى البطاطس بصورة جوهرية - أيًّا كان الحزام المزروع - وذلك مقارنة بترك مساحة الحزام كأرض محروثة. هذا.. إلا أن الحماية التى وفرها الحزام من الإصابة بالفيرس كانت أكبر ما يكون فى الخطوط الخارجية المجاورة للحزام، وأقل ما يكون فى الخطوط التى توجد فى مركز المساحة؛ بما يعنى أن زراعة الأحزمة الواقية حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس يفيد

فى إنتاج التقاوى الإليت عندما تكون الحقول بمساحة تقل عن ٠,٢ هكتار، أى حوالى نصف فدان (DiFonzo وآخرون ١٩٩٦).

كذلك أدت زراعة محاصيل حاجزة حول حقل لإنتاج الفلفل إلى وقايته من الإصابة بالفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، وهى: فيرس واى البطاطس، وفيرس موزايك الخيار. خَدَمَ حزام المحاصيل الحاجزة كمتلق للفيروسات القادمة إلى الحقل من خارجه، وإن لم تؤثر فى وصول المنّ — بعد تجريده من تلك الفيروسات — إلى الفلفل. وقد بدا واضحًا أن كفاءة أحزمة المحاصيل الحاجزة تتوقف على الفيرس ذاته وخصائص نقله الحشرى، وارتفاع المحصول الحاجز وقت شدة تعرض الحقل الإنتاجى للمنّ المهاجر. هذا.. ويجب ألا يعمل المحصول الحاجز كمأوى لأى حشرة أو مسبب مرضى يمكن أن يشكل خطورة على المحصول المزروع (Fereres ٢٠٠٠).

طريقة الزراعة

لطريقة الزراعة تأثيرات كبيرة على الإصابة بالأمراض، كما يتبين من المناقشة التالية:

الزراعة على مصاطب مرتفعة

تساعد الزراعة على مصاطب مرتفعة فى سرعة تصريف مياه الأمطار، ومياه الرى بالرش أو بالتنقيط؛ فلا تتعرض الجذور للإصابة بالأعفان. كما تعمل المصاطب المرتفعة — كذلك — على رفع حرارة التربة؛ مما يساعد على سرعة إنبات البذور وتقليل فرصة تعفنها (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

كثافة الزراعة

أمكن الحد من إصابة الفاصوليا بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض تحت ظروف الرى بالرش بخفض كثافة الزراعة إلى أربعة نباتات — تبعد عن بعضها البعض بمسافة متساوية — فى كل متر مربع (Vieira وآخرون ٢٠١٠).

مسافة الزراعة

نجد بصورة عامة أن شدة الإصابات المرضية تزداد بنقص مسافة الزراعة.

فمثلاً.. وجد أن شدة إصابة ثمار الفراولة بالبوتريتس تزداد بنقص مسافة الزراعة بين النباتات من ٤٦ سم إلى ٢٣ سم، إلاّ أن المحصول يزداد فى المسافات الضيقة على الرغم من الإصابة (Legard وآخرون ٢٠٠٠).

عمق الزراعة

تؤدى زيادة عمق الزراعة – خاصة فى الأراضى المتوسطة القوام والثقيلة – إلى ضعف تعرض درنات البطاطس للإصابة بالفطر *Phytophthora infestans*. الذى يمكن لجراثيمه السابحة وأكياسه الجرثومية الانتقال إلى أسفل سطح التربة مع حركة الماء. ولكن ذلك الانتقال يكون لمسافة أكبر فى الأراضى الخفيفة عما فى سواها (Porter وآخرون ٢٠٠٥).

الطعوم السامة للحشرات

طعم الشبّة

يتكون طعم الشبّة من الشبّة $Al(OH)_3$، والعسل الأسود المجفف، والجبس. يُقلب المخلوط جيدًا ويترك لمدة ٤٨ ساعة ليتخمر، ثم يوضع بجانب قنوات الرى، حيث يكثر تواجد الحفار الذى يفضل الرطوبة. تعمل الشبّة على سحب الماء من جسم الحفار، بينما يعمل الجبس على انسداد قناته الهضمية.

فوسفات الحديد

من أمثلة طعوم فوسفات الحديد التجارية المستخدمة فى مكافحة البزّاقات العريانة slugs والقواقع snails كلاً من: Sluggo، وEscar-go، وWorry Free.

تُنثر حبيبات الطعم على سطح التربة بالقرب من النباتات، خاصة تلك التى تُعانى من الإصابة. ويفضل إجراء المعاملة بعد الرى أو بعد سقوط الأمطار.

أغطية التربة (الملش)

يفيد استعمال أغطية التربة (الملش mulches) فى مكافحة الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية وبخاصة المنّ والذبابة البيضاء — وبذلك يمكن خفض أو تأخير الإصابة بعديد من الأمراض الفيروسية.

وبالنسبة للمنّ.. فإنه نادرًا ما يفيد استعمال المبيدات — حتى تلك غير المصرح بها فى الزراعة العضوية — فى مكافحة الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرة؛ ذلك لأنها تكون — غالبًا — غير متبقية، ولا يستغرق اكتساب الحشرة للفيرس — عادة — أكثر من ١٥ ثانية من تغذيتها على نبات مصاب، ويمكن للحشرة التى اكتسبت الفيرس أن تنقله مباشرة إلى نبات سليم — دون أن تمر بفترة حضانة — وذلك فى خلال ١٥ ثانية أخرى من تغذيتها عليه. ويعنى ذلك أن الحشرة الحاملة للفيرس يمكنها نقله إلى النبات السليم قبل أن يقضى عليها المبيد.

كذلك يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة فى خفض شدة الإصابة ببعض الأمراض والآفات الأخرى.

الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء

تستعمل لهذا الغرض الأغطية البلاستيكية (أغطية البوليثيلين) البيضاء أو ذات السطح الفضى. توضع هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يُحدث ارتباكًا لبعض الحشرات (مثل: المنّ، والتربس، والذبابة البيضاء، وصانعات الأنفاق) عندما تحاول أن تحط على النباتات، وبذا فهى تفيد فى مكافحة الحشرات ذاتها، وفى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات.

ومن بين الفيروسات التى تكافح بهذه الطريقة — فى الولايات المتحدة — فيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس فى الفلفل، وفيرس موزايك البطيخ فى الكوسة،

وغيرها من الفيروسات، وخاصة الفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، والتى لا يفيد معها — كثيرًا — استعمال المبيدات ضد المنّ؛ حيث يمكن أن تنقل الحشرة الفيرس إلى النبات السليم قبل أن تموت بفعل المبيد.

لقد ساعدت الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء (الفضية اللون) فى خفض إصابة الكوسة بالأمراض الفيروسية التى ينقلها المن (مثل فيرس موزايك الزوكينى الأصفر)، وذلك فى ظروف عدم شدة التعرض للإصابة الفيروسية (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدى استعمال الغطاء البلاستيكى العاكس للضوء مع زراعات القرع العسلى *Cucurbita pepo* — مقارنة باستعمال البلاستيك الأسود أو ترك التربة دون غطاء بلاستيكى. إلى خفض أعداد المن المهاجر التى حطت على النباتات، ومن ثم خفض نسبة النباتات التى أُصيبت بالفيروسات التى ينقلها المن، حيث بلغت الإصابة مع الغطاء العاكس فى مرحلة منتصف النمو ١٠٪ من حالات الإصابة فى أى من معاملتى استعمال البلاستيك الأسود أو عدم استعمال الغطاء البلاستيكى. ولكن مع اقتراب نهاية موسم النمو كانت نباتات جميع المعاملات بها — تقريبًا — ١٠٠٪ إصابة بالفيرس. وقد ترتب على التأخير فى إصابة النباتات بالفيرس - نتيجة لاستعمال الغطاء البلاستيكى العاكس للضوء - زيادة المحصول بنسبة ٤٥٪، و١٢٠٪ مقارنة بالمحصول فى حالة استعمال الغطاء الأسود وعدم استعمال غطاء، على التوالى (Brust ٢٠٠٠).

الأغطية البلاستيكية الصفراء الجاذبة للحشرات

يفيد استخدام البلاستيك (البوليثيلين) الأصفر – كغطاء للتربة فى حالة الطماطم – فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم؛ لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

كما وجد أن الأغطية البلاستيكية الصفراء — وبدرجة أقل الأغطية البرتقالية اللون — تجذب إليها حشرة منّ الخوخ *Myzus persicae* (عن Csizinsky وآخرين ١٩٩٥).

هذا.. وفى محاولة لمحاكاة الغطاء البلاستيكى الأصفر باستعمال القش (وهو أصفر اللون)، لم يكن لاستخدام غطاء للتربة من القش تأثيرًا جوهريًّا على الإصابة بالمن، أو على محصول البذور فى الفول (Saucke وآخرون ٢٠٠٩).

الأغطية البلاستيكية الحمراء

كانت نباتات الطماطم النامية فى الربيع فى وجود غطاء بلاستيكى أحمر للتربة أكثر قدرة على التغلب على الإصابة بالنيماتودا وأنتجت محصولاً أعلى بمقدار الضعف عما أنتجته تلك التى نمت فى وجود الغطاء البلاستيكى الأسود. وبدا أن الغطاء البلاستيكى الأحمر أدى إلى زيادة المحصول بزيادته لقدرة النبات على جعل قدر أكبر من نموه فوق سطح التربة، وخاصة فى الثمار. ومرد ذلك إلى أن الغطاء البلاستيكى الأحمر يعكس الموجات الضوئية التى تحفز النمو الخضرى، وهو المسئول عن زيادة محصول الثمار، بينما يقلل تخصيص الغذاء للجذور، وهو الغذاء الذى تحتاجه النيماتودا لنموها وتكاثرها (Kasperbauer ٢٠٠٤).

الأغطية البلاستيكية البيضاء

دُرس تأثير استخدام ألوان مختلفة (أبيض وأحمر وأسود) من الأغطية البلاستيكية للتربة على نمو الطماطم وإصابتها بنيماتودا تعقد الجذور التى أُجريت العدوى بها — ابتداء — بمعدل صفر، و١٠٠٠، و١٠٠٠٠، و٥٠٠٠٠ بيضة/نبات، كما أُلغى تأثير لون الغطاء البلاستيكى على حرارة التربة، بوضع حاجز عازل بين البلاستيك وسطح التربة؛ وبذا كان التباين فى حرارة التربة بين المعاملات وقت الظهيرة أقل من ٠,٥°م. ووجد أن الطماطم التى نمت فوق البلاستيك الأبيض تلقت قدرًا أكبر من الأشعة المنعكسة النشطة فى عملية البناء الضوئى وازداد فيها النمو الخضرى والنمو الجذرى والمساحة الورقية بنسبة ٢٧٪، و٣٢٪، و٢٠٪ — على التوالى — عما كان عليه الحال عندما استُعمل البلاستيك الأسود. أما النباتات التى نمت فى وجود البلاستيك الأحمر فإنها تلقت نسبة أعلى من الأشعة تحت الحمراء إلى الحمراء فى الضوء المنعكس. وأثر لون الغطاء

البلاستيكى فى استجابة النباتات للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور من خلال تأثيرها على توزيع المواد الكربوهيدراتية فى الفروع الجانبية، حيث أدى البلاستيك الأبيض إلى زيادة المساحة الورقية والنمو الورقى فى الفروع الجانبية عما كان عليه الحال مع البلاستيك الأحمر، وكان دليل تثائل الجذور أقل فى النباتات التى نمت فى وجود البلاستيك الأبيض عما كان عليه الحال فى النباتات التى نمت فوق البلاستيك الأحمر (Fortnum وآخرون ٢٠٠٠).

التطعيم

لقد بدأت ممارسة تطعيم الخضر مع بدايات القرن العشرين؛ بهدف مكافحة المسببات المرضية التى تحدث الإصابة بها عن طريق التربة، وكانت أول التقارير فى هذا الشأن من اليابان بشأن استخدام *Cucurbita moschata* كأصل مقاوم للذبول الفيوزارى فى البطيخ، وسريعًا ما انتشرت طريقة التطعيم فى مقاومة عديد من أمراض القرعيات والباذنجانيات. ومن المزايا الإضافية للتطعيم توفيره لحماية من بعض عوامل الشدِّ البيئى، وتقليل الاعتماد على الكيماويات والأسمدة فى الزراعة، وتحسين جودة الثمار.

ومن بين العوامل التى ساعدت فى انتشار الاعتماد على التطعيم: زيادة كثافة تواجد المسببات المرضية بسبب التكثيف الزراعى والاعتماد على أصناف قابلة للإصابة لما قد يكون بها من مميزات تتطلبها الأسواق، والحركة العالمية وما يصاحبها من انتقال مسببات مرضية جديدة لمناطق لم تكن بها من قبل، وزيادة الاعتماد على الإنتاج العضوى والإنتاج فى البيوت المحمية، وخطر استخدام بروميد الميثايل فى تعقيم التربة (Louws وآخرون ٢٠١٠).

أمثلة لحالات مكافحة الأمراض بالتطعيم

يُستخدم التطعيم حاليًا بكثرة فى مكافحة أمراض وآفات التربة فى الباذنجانيات والقرعيات. ومن المسببات المرضية الهامة التى تكافح بالتطعيم كلاً من الفطريات:

Verticillium، و *Fusarium*، و *Pyrenochaeta*، و *Monosprascus*، و *Phytophthora*، والبكتيريا *Ralstonia*، ونيماتودا تعقد الجذور، وعدة فيروسات تُحمل فى التربة.

ويمكن أن تكون الأصول المستعملة فى التطعيم من نفس النوع وتحمل جينات رئيسية للمقاومة، أو من أنواع أو أجناس أخرى يُستفاد مما تحمله من آليات مقاومة غير العوائل non-host resistance، والتى تكون غالبًا كمية. كذلك يمكن أن توفر الأصول مقاومة لآفات النموات الخضرية، مثل الحشرات والفيروسات (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ويبين جدول (٣-١) قائمة ببعض الأمراض التى أمكن مكافحتها بالتطعيم.

جدول (٣-١): قائمة ببعض الأمراض التى أمكن مكافحتها بالتطعيم (King وآخرون ٢٠٠٨).

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الخيار	الذبول الفيوزارى	*Fusarium oxysporum*
	لفحة فيتوفثورا	*Phytopthora capsici*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
	ذبول فيرتسيليم	*Verticillium dahliae*
	Target leal spot	*Corynespora cassicola*
	عفن الجذر الأسود	*Phomopsis sclerotiodes*
الكنتالوب	الذبول الفيوزارى	*Fusarium oxysporum*
	التدهور	*Monosporascus cannonballus*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
	لفحة الساق الصمغية	*Didymela bryoniae*
	ذبول فيرتسيليم	*Verticillium dahliae*
	عفن الجذر الأسود	*Phomopsis sclerotiodes*
البطيخ	الذبول الفيوزارى	*Fusarium oxysporum*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
	ذبول فيرتسيليم	*Verticillium dahliae*
	معقد من الفيروسات	*CMV,ZYMV,PRSV,WMV-II*

يتبع

تابع جدول (٣-١).

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الباذنجان	ذبول فيرتسليم	*Verticillium dahliae*
	الجذر الفلينى	*Pyrenochaeta lycopersici*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
الطماطم	الذبول البكتيرى	*Ralstonia solanacearum*
	الذبول الفيوزارى	*Fusarium oxysporum*
	الجذر الفلينى	*Pyrenochaeta lycopersici*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
	ذبول فيرتسيليم	*Verticillium dahliae*
	فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم	*TYLCV*

ونعطى – فيما يلى– مزيدًا من الأمثلة لحالات نجح فيها التطعيم على أصول معينة فى مكافحة أمراض هامة:

• أفاد تطعيم البطيخ على اليقطين *Lagenaria siceraria* فى مكافحة مرض الذبول الفيوزارى (Liu وآخرون ١٩٩٥).

• أجريت اختبارات على عدد من أصول الكنتالوب – التى تعرف بمقاومتها التامة أو الجزئية للسلالة ١,٢ من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* – لأجل التعرف على مستوى مقاومتها للفطر *Didymella bryoniae*، حيث ظهرت مستويات عالية من المقاومة مع كل من الأصول التالية:

Cucumis anguria

C. ficifolius

C. figarei

C. metuliferus

C. zeyheri

Benincasa hispida

• كذلك كانت الأصول الهجين التجارية ELSI، و ES 99-13، و RS 841 من الجنس *Cucurbita* على مستوى عال مماثل من المقاومة للفطر (Trionfetti Nisini وآخرون ٢٠٠٠).

• يفيد تطعيم الكنتالوب على أصول ذات نمو جذرى كثيف وقوى — مثل Pat 81 من *Cucumis melo* subsp. *agrestis* — فى حمايته من الإصابة بالتدهور (Dias وآخرون ٢٠٠٢).

• أمكن مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* مسبب مرض عفن الجذور والساق فى الخيار بالتطعيم على أصول من هجين الـ *Cucurbita* التجارية Peto 42.91، وTS-1358، وTZ-148، مع الحصول على صفات جودة ثمرية عالية (Pavlou وآخرون ٢٠٠٢).

• استُخدم لمكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم — الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* أصلين مقاومين. هما أصل الباذنجان EG203، وأصل الطماطم Hawaii 7996. ولقد تراوحت نسبة الإصابة عندما استخدم أصل الباذنجان بين صفر٪، و ٢,٨٪، مقارنة بنسبة إصابة تراوحت بين ٢٤,٤٪، و ٩٢,٩٪ فى نباتات الكنترول غير المطعومة. وبينما أدت إضافة مخلوط من اليوريا والجير المطفى للتربة إلى زيادة فاعلية أصل الطماطم فى مقاومة الذبول البكتيرى، فإن تلك الإضافة — التى كان لها تأثير مثبط على البكتيريا — لم تكن مؤثرة فى زيادة فاعلية أصل الباذنجان (Lin وآخرون ٢٠٠٨).

• كذلك وجد فى الطماطم أن استعمال الأصل Maxifort أدى إلى مكافحة الذبول الفيوزارى بصورة تامة، بينما أدى استعمال أى من الأصلين CRA 66، و Hawaii 7996 إلى التخلص من الإصابة بالذبول البكتيرى؛ الأمر الذى يفيد كثيرًا فى مكافحة المرضين عند إنتاج الأصناف غير المقاومة لهما والتى تكون متميزة بصفات جودة عالية، كما فى الأصناف القديمة (المتوارثة) المتميزة heirloom varieties (Rivard & Louws ٢٠٠٨).

مخاطر الاعتماد على التطعيم فى مكافحة الأمراض

من أهم المخاطر التى قد تترتب على الإعتماد على التطعيم فى مكافحة الأمراض، مايلى:

١- زيادة احتمالات الإصابة بالأمراض التى قد تتواجد فى الأصول وتنتقل إلى الطعوم، وخاصة الأمراض البكتيرية والفيروسية عندما تنتقل عن طريق بذور الأصل حتى ولو كان انتقالها بنسبة ضئيلة، ولكنها قد تكون خطيرة من الناحية الوبائية؛ كذلك فإن الجروح التى تصاحب عملية التطعيم قد تُسهم فى انتقال عديد من المسببات المرضية.

٢- قد يؤدى الاعتماد على أصول معينة لفترات طويلة دونما تعقيم للتربة إلى ظهور مسببات مرضية جديدة، أو سلالات فسيولوجية جديدة من المسببات المرضية، أو إلى أن تصبح غير العوائل عوائل جديدة للمسببات المرضية، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ- زيادة مشاكل إصابة الطماطم بعفن الجذر البنى الذى يسببه الفطر *Colletotrichum coccodes*، و *Rhizoctonia* sp.، ومسببات مرضية أخرى نتيجة إهمال تعقيم التربة لعدة زراعات.

ب- مع كثرة الاعتماد على الأصل *Lagenaria siceraria* فى تطعيم البطيخ لمكافحة فطر الذبول *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* ظهرت سلالة فسيولوجية جديدة قادرة على إصابة الجورد نفسه، وهى *F. oxysporum* f. sp. *lagenariae*؛ وبذا تحول الجورد من غير العوائل non host إلى عائل.

ج- ظهر نوع جديد من نيماتودا تعقد الجذور هو: *Meloidogyne enterolobii* كان قادرًا على إصابة أصل الهجين النوعى Maxifort والتغلب على مقاومة جين الطماطم Mi-1 وجين الفلفل N المسئولين عن مقاومة النيماتودا فيهما.

٢- تتسبب الجروح التى تُحدثها عملية التطعيم فى إضافة مشكلة جديدة فى إنتاج الباذنجان وهى إصابته ببكتيريا العفن الطرى *Pectobacterium carotovorum*.

٣- يتحكم فى مقاومة فيرس موزايك الطماطم فى الطماطم ثلاثة جينات، هى: Tm-1، وTm-2، و $Tm-2^2$، وهى التى قد تؤثر فى توافق الأصل مع الطعم؛ ذلك لأن الجينين Tm-2، و $Tm-2^2$ يُحدثان تفاعل فرط حساسية فى مواجهة الفيرس، وهو ما قد يؤدى إلى عدم توافق الطعم مع الأصل، وظهور ذبول مفاجئ إذا ما تعرض الصنف المطعوم على أصل مقاوم للإصابة بالفيرس. ولذا.. يفضل عدم استخدام الأصول التى تحتوى على الجينين Tm-2، و Tm-2 فى تطعيم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 أو التى لا تحمل أى جينات للمقاومة (Louws وآخرون ٢٠١٠).

أمثلة لحالات مكافحة الحشرات بالتطعيم

وجد فى القرعيات أن التطعيم على أصول من الجنس *Lagenaria* مقاومة للعنكبوت الأحمر *Tetranychus cinnabarinus* جعلت الطعوم بنفس درجة مقاومة الأصول.

كما أدى استخدام بعض أصول الجنس *Solanum* إلى تقليل شدة الإصابة بالذبابة البيضاء، وما تبع ذلك من تقليل شدة الإصابة بالفيروسات التى تنقلها الذبابة.

وأدى استخدام بعض الأصول البرية من الجنس *Solanum* إلى تقليل إصابة الطماطم بكل من الذبابة البيضاء والمن.

ومن ناحية أخرى.. فإن جين الطماطم Mi-1 يُكسب النباتات مقاومة لكل من نيماتودا تعقد الجذور ومن البطاطس *Macrosiphum euphorbiae*، لكن المقاومة للمن لا تنتقل من الأصل إلى الطعم (Louws وآخرون ٢٠١٠).

دور أغطية النباتات

توفر الأغطية النباتية الطافية floating plant covers (أو suspended row covers) — وهى أغطية توضع فوق النباتات مباشرة فى خطوط الزراعة — حماية من عديد من الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات، وخاصة تلك التى تنقلها حشرات المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس.

وهذه الأغطية غير منسوجة، وتصنع إما من البولسترين (مثل: Agryl P17، و Fabrico و Agronet ، وإما من البولى بروبلين (السلوفان مثل: Base UV17)، وهى خفيفة الوزن؛ حيث لا يزيد وزنها على ١٧ جم لكل متر مربع ، وتسمح بنفاذ الماء والهواء، ونحو ٩٠٪- ٩٥٪ من الضوء الساقط عليها، كما تسمح برش المبيدات من خلالها، ولا تؤدى إلى تكثيف الرطوبة. وتعمل التهوية الجيدة من خلالها على منع خفقان الغطاء بفعل الرياح.

توضع هذه الأغطية إما على النباتات مباشرة، وتثبت من الحواف بالتربة على ألا تكون مشدودة لكى تسمح بالنمو النباتى، وإما أنها توضع على أقواس سلكية متباعدة تُثبت على خطوط الزراعة. والطريقة الثانية هى المفضلة، ويلزم معها تغليف الأقواس السلكية بخراطيم رى بالتنقيط مُسْتَهْلَكة للمحافظة على الغطاء من التمزق.

تستعمل هذه الأغطية فى الزراعات الحقلية لوقاية النباتات من جميع الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات؛ فهى — مثلاً — تستخدم بصورة تجارية لحماية الطماطم من فيرس تجعد وإصفرار الأوراق فى منطقة الشرق الأوسط وفى حماية الكوسة من فيرس تجعد أوراق الكوسة.

وإلى جانب الحماية من الإصابات الفيروسية، فإن الأغطية النباتية تحمى النباتات — ابتداء — من الإصابات الحشرية. فمثلاً .. وفّرت هذه الأغطية حماية لنباتات الكرنب من الإصابة بكل من المنّ، والفراشة ذات الظهر الماسى، ويرقات رتبة حرشفية الأجنحة؛ الأمر الذى قلل كثيرًا من الحاجة إلى استعمال المبيدات الحشرية.

وفى حالة القرعيات — وهى من المحاصيل الخلطية التلقيح — يتعين رفع الغطاء عن النباتات عند بداية مرحلة ظهور الأزهار المؤنثة.

وإلى جانب الأغطية النباتية المصنوعة من البوليسترين والبولى بروبلين، فقد ظهرت — كذلك — أغطية طافية خفيفة الوزن مصنوعة من البوليثيلين Spunboded polyethylene row covers. وقد نجح استعمال هذه الأغطية — فى فلوريدا — فى حماية الكوسة من

الإصابة بكل من الفيروسات التى ينقلها المنّ، والتلون الفضى الذى تحدثه تغذية الذبابة البيضاء؛ فضلاً عن استبعاد الغطاء للمنّ، والذبابة البيضاء، وحشرات أخرى؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة المحصول بدرجة كبيرة للغاية مقارنة بعدم التغطية، وكانت الزيادة فى المحصول أكبر عندما تُرك الغطاء فى مكانه إلى ما بعد بداية الإزهار بمدة أسبوع واحد على الأقل (Webb & Linda ١٩٩٢).

وأدى استعمال أغطية البولى بروبلين الطافية إلى حماية نباتات الطماطم من كل من فيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينقله إليها التربس، وفيرس موزايك الخيار الذى ينقله إليها المنّ (Pentangelo وآخرون ١٩٩٩).

كما يؤدى استعمال الأغطية النباتية الطافية لنباتات الكوسة بعد شتلها مباشرة ولمدة ١٨ يومًا فقط (حيث أزيلت بعد ذلك للسماح بتلقيح النحل للأزهار) إلى زيادة المحصول بنسبة ٦٠٪ بسبب حماية الغطاء لها من الإصابة بالذبابة البيضاء التى تنقل لها الفيروسات الجيمنى (Jensen وآخرون ١٩٩٩).

وقد أفادت تغطية نباتات الفاصوليا بغطاء الـ Agronet فى خفض الحاجة إلى الرش بالمبيدات الحشرية؛ فضلاً عن زيادتها لمحصول القرون كمًا ونوعًا (Gogo وآخرون ٢٠١٤).

تغطية النباتات بشباك بيضاء طاردة للحشرات

أدى وضع شباك بوليثيلين بيضاء اللون — أعلى مستوى نباتات الفلفل بنحو ٥٠ سم — إلى خفض معدل إصابتها بفيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس اللذين ينقلهما المنّ. وكانت الشباك البيضاء أكثر فاعلية من كل من: الشباك الصفراء اللون، والشباك ذات اللون الرمادى الفاتح.

وأوضحت الدراسات أن استعمال شباك ذات فتحات بأبعاد ١٠ × ٣ مم، وخيوط قطرها ١,٣ مم — والتى تقلل الإضاءة بنحو ٢٠٪ — كان أفضل من غيرها، وذلك لانخفاض أسعارها، ومع احتفاظها بفاعليتها فى طرد الحشرات الناقلة للفيروسات.

وقد كان متوسط أعداد المنّ فى مساحة ٣٠ × ٣٠ سم هو ٦,٦ فردًا تحت الشباك البيضاء، مقارنة بنحو ٤٦,٠ فردًا تحت الشباك الصفراء، و٥٥,٣ فردًا فى معاملة الشاهد بدون شباك.

وتؤدى الشباك دورًا مزدوجًا؛ فهى تطرد المنّ بما تعكسه من ضوء، كما أنها تخفى المحصول عن المنّ الذى لا يزيد مدى رؤيته على ٥٠ سم (عن Palti ١٩٨١).

الأسمدة والتسميد

عرف تأثير العناصر السمادية — وكذلك بعض العناصر غير السمادية — على إصابة النباتات بالأمراض، كما يتبين من جدول (٣-٢).

جدول (٣-٢): أعداد الدراسات المتعلقة بتأثير العناصر السمادية وبعض العناصر غير السمادية على الإصابة بالأمراض (عن Huber & Graham ١٩٩٩).

العنصر	عدد الأبحاث التى أفادت		
	انخفاض شدة الأمراض	زيادة شدة الأمراض	تباين التأثير
النيتروجين (النترات والأمونيوم)	١٦٨	٢٣٣	١٧
الفوسفور	٨٢	٤٢	٢
البوتاسيوم	١٤٤	٥٢	١٢
الكالسيوم	٦٦	١٧	٤
المنجنيز	٦٨	١٣	٢
النحاس	٤٩	٣	صفر
الزنك	٢٣	١٠	٣
البورون	٢٥	٤	صفر
الحديد	١٧	٧	صفر
الكبريت	١١	٣	صفر
المغنيسيوم	١٨	١٢	٢
السيليكون	١٥	صفر	صفر
الكلوريد	٩	٢	٨

وقدم قَدَّمَ Huber & Graham (١٩٩٩) عرضًا وافيًا عن تأثير العناصر السمادية — وغير السمادية — على الإصابات المرضية.

الأسمدة الآزوتية

يؤدى استعمال مستويات عالية من الأسمدة الآزوتية إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض، كما أن لمصدر الآزوت أهمية مماثلة لكميته.

والاتجاه العام هو أن النيتروجين الأمونيومى يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض عن النيتروجين النتراتى، مع وجود شواذ لهذه القاعدة.

ونجد أن فطريات الذبول الفيوزارى — وهى طفيليات تعيش فى نسيج الخشب، ويمكنها استعمال الآزوت النتراتى — نجد بالرغم من ذلك أن الإصابة بها تنخفض عند زيادة معدلات التسميد النتراتى.

ويحدث تأثير مماثل — كذلك — بالنسبة للأمراض التى تصيب النموات الخضرية، فتزيد شدة الإصابة بالأصداء والبياض الدقيقى بزيادة التسميد النتراتى، وتنخفض بزيادة التسميد النشادرى (عن Dixon ١٩٨١).

ويبين جدول (٣-٣) أمثلة خاصة بتأثير الأسمدة الآزوتية — بنوعيها الآزوتى والنشادرى — على شدة الإصابة بالأمراض فى محاصيل الخضر.

جدول (٣-٣): تأثير نوعية السماد الآزوتى (نتراتى أم أمونيومى) على شدة الإصابة بالأمراض فى محاصيل الخضر (عن Palti ١٩٨١).

المحصول	المرض	المسبب	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت	
			نتراتى	نشادرى
الفاصوليا	عفن الجذور	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
	الذبول	*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
الفول الرومى	التبقع البنى	*Botrytis fabae*	تنخفض	تزداد
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteuches*	تنخفض	تزداد
	عفن الجذور	*Pythium* spp.	تزداد	تنخفض
عدة خضر	العفن الفحمى	*Macrophomina phaseolina*	تنخفض	تزداد

يتبع

تابع جدول (٣-٣).

المحصول	المرض	المسبب	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت: نتراتى	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت: نشادري
البطاطس	العفن الرايزكتونى	*Rhizoctonia solani*	تنخفض	تزداد
	الذبول	*Verticillium albo-atrum*	تزداد	تنخفض
	الجرب	*Streptomyces scabies*	تزداد	تنخفض
الطماطم	الذبول	*V. albo-atrum & V. dahliae*	تزداد	تنخفض
	الذبول	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	تنخفض	تزداد
	عفن الثمار والجذور	*Colletorichum phomoides*	تزداد	تنخفض
	الذبول البكتيرى	*Ralstonia solanacearum*	تزداد	تنخفض

ومن الأمثلة الأخرى لأمراض انخفضت شدتها مع التسميد النتراتى والـ pH القلوى، ما يلى:

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الأسبرجس	الذبول	*Fusarium oxysporum*
الفاصوليا	التبقع الشيكولاتى	*Botrytis*
	عفن الجذور والسويقة الجنينية العليا	*Fusarium solani, Rhizoctonia solani*
البنجر	سقوط البادرات	*Pythium* spp.
الكرنب	الجذر الصولجانى	*Plasmodiphora brassicae*
	الاصفرار	*Fusarium oxysporum*
الكرفس	الاصفرار	*Fusarium oxysporum*
الخيار	الذبول	*Fusarium oxysporum*
البسلة	سقوط البادرات	*Rhizoctonia solani*
الفلفل	الذبول	*Fusarium oxysporum*
البطاطس	تقرح الساق	*Rhizoctonia solani*
الطماطم	لفحة اسكلوروشيم	*Sclerotium rolfsii*
	الذبول	*Fusarium oxysporum*

كذلك من أمثلة الأمراض التى انخفضت شدتها مع التسميد الأمونيومى والـ pH الحامضى، ما يلى (عن Huber & Graham ١٩٩٩):

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الفاصوليا	عفن الجذور	*Thielaviopsis basicola*
	نيماتودا تعقد الجذور	*Meloidogyne* spp.
الجزر	عفن الجذور	*Sclerotium rolfsii*
الباذنجان	الذبول	*Fusarium oxysporum*
البصل	العفن الأبيض	*Sclerotium rolfsii*
البسلة	عفن الجذور	*Pythium* spp.
البطاطس	الجرب	*Streptomyces scabies*
	الذبول	*Verticillium dahliae*
	فيرس × البطاطس	*Potato virus X*
الطماطم	الذبول البكتيرى	*Ralstonia solanacearum*
	ذبول فيرتسيليم	*Verticillium dahliae*
	فيرس × البطاطس	*Potato virus X*

الأسمدة البوتاسية

من المعروف أن التسميد البوتاسى يسهم فى خفض معدلات الإصابة بالأمراض. ومن أهم الأمراض التى تنخفض شدة الإصابة بها مع زيادة معدلات التسميد البوتاسى ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المحصول	المرض	المسبب المرضى
القاوون (الكنتالوب)	الذبول	*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*
الطماطم	الندوة المبكرة	*Alternaria solani*
الكرنب	الاصفرار	*F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*
القنبيط	البياض الزغبى	*Peronospora parasitica*
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteiches*
الكاسافا	الذبول البكتيرى	*Xanthomonas manihotis*
فاصوليا الليما	اللفحة البكتيرية	*Pseudomonas syringae*

ويُعتقد أن الإصابة بأمراض الذبول تنخفض بزيادة معدلات التسميد البوتاسى؛ كما هو الحال بالنسبة لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، إلا أنه لم يكن للتسميد البوتاسى أية تأثيرات على كل من: ذبول فيرتسيليم (المتسبب عن الفطر *Verticillium albo-atrum*)،

والذبول البكتيرى (المتسبب عن البكتيريا *Ralstonia solanacearum*)، والتقرح البكتيرى (المتسبب عن البكتيريا *Clavibacter michiganensis* f. sp. *michiganensis*) فى الطماطم (عن Dixon ١٩٨١).

كذلك أوضحت دراسات Elad وآخرين (١٩٩٣) أن زيادة معدلات التسميد البوتاسى أدت إلى خفض شدة الإصابة بكل من الأمراض التالية:

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الخيار	العفن الرمادى	*Botrytis cinerea*
الخيار	البياض الزغبى	*Pseudomonas cubensis*
الفلفل	العفن الرمادى	*B. cinerea*

ولكن لم يكن التسميد البوتاسى مؤثرًا على إصابة الخيار بمرض البياض الدقيقى، أو على إصابة الباذنجان بمرض العفن الرمادى.

الأسمدة الفوسفانية

من المعروف أن زيادة التسميد الفوسفاتى تؤدى إلى انخفاض معدلات الإصابة بأعفان الجذور.

وقد أوضحت دراسات Davis وآخرين (١٩٩٤) أن إصابة البطاطس بفطر *Verticillium dahliae* المسبب لمرض ذبول فيرتسيليم تنخفض، ويزداد محصول البطاطس بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتى إلى ٢٤٠ كجم فوسفورًا للهكتار (١٠٠ كجم للفدان). وكان أعلى محصول من الدرنات عندما كان التسميد بمعدل ٣٠٠ كجم نيتروجينًا مع ٢٤٠ كجم فوسفورًا للهكتار (٢٣٨ كجم نيتروجين، و ١٠٠ كجم فوسفور للفدان).

وفى البصل.. تساعد زيادة معدلات التسميد بسوبر فوسفات الكالسيوم والأسمدة البوتاسية، والاعتدال فى التسميد الآزوتى فى مكافحة اللطعة الأرجوانية (Maude ١٩٩٠).

التسميد بالكالسيوم

يُعرف أكثر من ٣٠ عيبًا فسيولوجيًّا فى محاصيل الخضر والفاكهة ترجع إلى نقص عنصر الكالسيوم، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام هو أن الكالسيوم يزيد – كذلك – من مقاومة الأنسجة النباتية لعديد من الأمراض الحقلية؛ مثل ذبول فيرتسيليم فى الطماطم، والأمراض التى تصيب النباتات بعد الحصاد؛ مثل الإصابات السطحية لدرنات البطاطس بالبكتيريا *Erwinia carotovora* pv. atroseptica (عن Conway وآخرين ١٩٩٤).



الفصل الرابع

وسائل المكافحة الميكانيكية والفيزيائية

تتعدد كثيرًا الوسائل الميكانيكية والفيزيائية لمكافحة الأمراض والحشرات، ويتداخل بعضها مع بعض طرق المكافحة التى أوردناها فى فصول أخرى من هذا الكتاب، كما أن أغلبها يوجه لمكافحة الحشرات. ومن بين المصادر الشاملة لهذا الموضوع كلاً من: Oseto (٢٠٠٠)، و Vincent (٢٠٠١)، و Vincent وآخرين (٢٠٠٣)، و OSU (٢٠١٤).

ويمكن تقسيم وسائل المكافحة الفيزيائية إلى الفئات التالية:

١- سلبية، مثل: الخنادق، والأسوار، والغطاء العضوى للتربة، والأغشية الحبيبية particle membranes، وغبار المواد الخاملة، والزيوت.

٢- نشطة، مثل: الوسائل الميكانيكية، والتلميع، والهواء المضغوط، والضغوط.

٣- طرق متنوعة أخرى، مثل: التخزين البارد، والهواء الساخن، والتعريض للهب، والغمر فى الماء الساخن، والمعاملة بالزيوت.

ويستخدم مع الدقيق آلة تعرف باسم entoleter، وهى تُحدث ضغوطًا تؤدى إلى سحق كل المراحل الحشرية فى الدقيق (Vincent وآخرون ٢٠٠٣).

ومن أهم وسائل المكافحة الميكانيكية للآفات، ما يلى:

١- وسائل الاستبعاد

إن من بين وسائل الاستبعاد استخدام أغطية النباتات، والشباك لإبعاد الطيور عن الثمار الناضجة، والياقات أو الحلقات الورقية paper collars حول سيقان النباتات لمنع أضرار الدودة القارضة، والأسوار أو الحواجز لمنع الحيوانات من الإضرار بالمحصول.

تُفيد أغطية النباتات plant covers أو خطوط الزراعة row covers — إلى جانب منع الحشرات من الوصول إلى النباتات — فى تحفيز النمو النباتى والمحصول المبكر بزيادتها لحرارة التربة والهواء، وفى تقليل أضرار الرياح، إلاّ إنها لا تكون فعالة ضد الحشرات التى تعيش فى التربة وتخرج منها لتصيب النباتات تحت الغطاء، وهى فى مأمن من المكافحة. ويمكن التغلب على تلك المشكلة بحرث البقايا النباتية جيدًا فى التربة قبل الزراعة بوقت كافٍ.

٢- المصائد والجاذبات

تُستخدم المصائد والجاذبات لغرضين: لصيد أكبر عدد من الحشرات لتقليل أضرارها، ولمراقبة ورصد كثافة تواجدها وأنواعها المتواجدة فى الحقل. ومن أهم عيوب المصائد أنها قد تجذب إليها الحشرات المفيدة كذلك.

٣- رش الماء تحت ضغط قوى

يُفيد دفع الماء بالرش بقوة — أحيانًا — فى إسقاط بعض الحشرات مثل المن والعنكبوت الأحمر من على النموات الخضرية. ويتعين تكرار هذا الأمر نظرًا لأن كثيرًا من تلك الحشرات غالبًا ما تعود لنشاطها على النباتات. هذا.. ولا يجوز عمل هذا الإجراء مع النباتات الضعيفة حتى لا تُقتلع أو تتكسر. كما أن كثرة اللجوء لهذا الإجراء قد تزيد من بعض الإصابات المرضية سواء بالنموات الخضرية أم بالجذور. ويفضل أن يتم هذا الإجراء فى الصباح، حيث يمكن للنباتات أن تجف أثناء النهار.

٤- شفط الحشرات بالتفريغ

تتوفر آلات حقلية لهذا الغرض. يتم دفع الحشرات — مثل التربس والذبابة البيضاء والطور المجنح للمن — للطيران أولاً بهز النباتات بتيار من الهواء، ويتبع ذلك مباشرة — أثناء مرور الآلة — شفطها بالتفريغ. وقد يفيد التفريغ — كذلك — فى شفط الحشرات الصغيرة المتحركة وبيض الحشرات (OSU ٢٠١٤).

ومن أهم الطرق الفيزيائية والميكانيكية المستخدمة فى مكافحة الأمراض والآفات، ما يلى:

١- طرق المكافحة الحرارية، ومنها مكافحة الحشائش باللهب، وغيرها من طرق مكافحة الحشرات بعد الحصاد بكل من الحرارة العالية والحرارة المنخفضة.

٢- طريق المكافحة الكهرومغناطيسية electromagnetic، مثل الأشعة المؤينة (أشعة جاما وأشعة X والأشعة فوق البنفسجية ٠,٤ مللى ميكرون) والأشعة غير المؤينة (الضوء المرئى والقريب من الأشعة تحت الحمراء والأشعة تحت الحمراء المتوسطة والحرارية من ٢,٥- ١٤ مللى ميكرون والميكرويف من ١ مم — ١٠ سم).

تُستخدم أشعة الميكرويف فى مكافحة الحشرات.

وتستخدم الفلاتر التى تتحكم فى الموجات الضوئية النافذة فى مكافحة العفن الرمادى فى محاصيل البيوت المحمية؛ وفى مكافحة أمراض بعد الحصاد فى المحاصيل البستانية.

٣- طرق المكافحة الميكانيكية، ومنها مكافحة الحشائش بالعزيق والحراثة، وباستخدام أغطية التربة بمختلف أنواعها، واستخدام العوائق الفيزيائية (كالمواد اللاصقة والأسوار ومصدات الرياح والتغليف والخنادق) فى مكافحة الحشرات.

٤- طرق المكافحة التى تعتمد على دفع الهواء أو تفريغه بالشفط Pneumatic control methods (Vincent وآخرون ٢٠٠١).

وقد تناول Oseto (٢٠٠٠) طرق المكافحة الفيزيائية للحشرات بشىء من التفصيل، وضَمّنها ما يلى:

١- المصائد غير المشعة، مثل الشرائط الملونة الجاذبة اللاصقة، والمصائد الجاذبة التى تحتوى على مواد جاذبة كالمواد المتخمرة وغيرها، والنباتات الجاذبة.

٢- الحواجز أمام وصول الحشرات للنباتات، مثل الحواجز السلكية، والأنفاق البلاستيكية، والخنادق، والأكياس، والحواجز الواقية، والعبوات.

٣- الإزعاج والقتل الفيزيائى، مثل القتل اليدوى والتقليم.

٤- الاقتلاع، مثل العزيق والشفط بالتفريغ.

٥- الإغراق بماء الرى.

٦- أغطية التربة، مثل الأغطية البلاستيكية الجاذبة للحشرات والطاردة لها، والأغطية النباتية.

٧- أغطية النباتات الطافية.

٨- المصائد الضوئية.

٩- الإشعاع، مثل أشعة جاما بعد الحصاد.

١٠- الحرارة، مثل البخار، والحرق، واللهب.

١١- البرودة.

١٢- الأصوات.

١٣- الهواء المتحكم فى مكوناته والمعدل، والمعاملة بالنيتروجين.

التبريد الفائق لأعضاء التكاثر

يُعد التخلص من مسببات الأمراض بالتبريد الفائق (cryotherapy) تطبيقًا جديدًا لتقنيات الحفظ النباتى بالتبريد الفائق (plant cryopreservation) يسمح بالتخلص من مسببات الأمراض بمعدلات عالية، حيث يؤدى إلى استئصال الفيروسات والفيتوبلازما والبكتيريا عند معاملة القمة النامية الخضرية بالنيتروجين السائل لفترة وجيزة باستعمال بروتوكولات الـ cryopreservation. ويمكن الحصول على نباتات خالية من المسببات المرضية عند إكثار ذلك النسيج الميرستيمى القمى المعامل. وليس لهذه الطريقة علاقة بحجم القمة الخضرية التى تخضع للمعاملة، وهى تسمح بمعاملة عينات كثيرة فى وقت قصير نسبيًا. ومن المحتمل أن تحل هذه الطريقة محل الطرق التقليدية المستخدمة فى التخلص من المسببات المرضية مثل زراعة الميرستيم القمى فى مزارع الأنسجة (Wang & Valkonen ٢٠٠٩).

معاملة البذور بالماء الساخن

دُرس تأثير غمس بذور الجزر والكرنب والكرفس والبقدونس فى ماء حرارته ٤٠، و٥٠، و٥٥ °م لمدة ١٠–٣٠ أو ٦٠ دقيقة على التخلص من مسببات الأمراض التى تُحمل على البذور: *Alternaria* spp.، و *Phoma* spp.، و *Septoria* spp.، و *Peronospora valerianellae*، *Xanthomonas* spp.، ووُجد أن معاملات الغمر فى الماء على حرارة ٥٠ °م لمدة ٢٠–٣٠ دقيقة، و٥٣ °م لمدة ١٠–٣٠ دقيقة تقلل من تواجد المسببات المرضية بالبذور، دون أن تُحدث نقصًا جوهريًا فى حيوية البذور. ولقد كانت معاملة الغمر فى الماء الساخن فعالة بدرجة عالية (أكثر من ٩٥٪ كفاءة) ضد أنواع الجنس *Alternaria*، وهى: *A. dauci*، و *A. radicina*، و *A. alternata*، و *A. brassicola*. كذلك كانت المعاملة عالية الكفاءة ضد أنواع الجنس *Phoma*، وهى: *P. lingam*، و *P. valerianella* (٨٠٪ – ٩٥٪). كذلك انخفضت جوهريًا أعداد الجراثيم البكنيدية فى بكنيديات *Septoria apiicola*، و *S. petroselini* بمعاملة الماء الساخن. وكانت لمعاملة الماء الساخن على ٥٠ °م لمدة ٣٠ دقيقة تأثيرًا جيدًا على مكافحة *Xanthomonas campestris* فى بذور كل من الجزر والكرنب (Nega وآخرون ٢٠٠٣).

المصائد الملونة

تنجذب الحشرات للمصائد اللونية الجاذبة اللاصقة (بدون استخدام للطعوم الصائدة أو الفيرمونات)، كما يلى (عن Oseto ٢٠٠٠):

اللون	الحشرات التى تنجذب له
الأصفر	المن– ذباب الصليبيات *Delia* sp. – ذبابة البصل
الأبيض	التربس – ذباب الصليبيات
البرتقالى	نطاطات الأوراق
الأزرق	ذباب الصليبيات – ذبابة البصل

ومن أمثلة المصائد اللاصقة كلاً من: Biolure، و Yellow Sticky Traps ، و Safer Flying Insect Traps.

وهى تستخدم — أساسًا — فى مكافحة المن والذبابة البيضاء. ولاستعمالها يتم أولاً إزالة الغطاء الحامى لها ثم تثبيتها بالقرب من النباتات على أوتاد أو بتعليقها على الأفرع أو بأية وسيلة. وهى لا تكفى — وحدها — لتحقيق مكافحة كاملة، وإنما هى تستخدم — فقط — لتقليص أعداد الحشرات التى تصل إلى النباتات.

الصابون السائل

يتكون الصابون السائل المستخدم فى مكافحة الآفات (insecticidal soap) من أملاح البوتاسيوم والأمونيوم للأحماض الدهنية. وهو شبيه بصابون الأيدى السائل، الذى قد يستعمل أحيانًا لنفس الغرض، إلاّ إن صابون المكافحة يتم اختياره على أساس قدرته على مكافحة حشرات معينة، مع عدم الإضرار بالنباتات، وهو أمر بالغ الأهمية.

يعمل الصابون السائل على الحشرات والعناكب بإتلافه لطبقة الكيوتكل الخارجية؛ مما يتسبب فى تدمير أجسامها الطرية. ولكى يكون الصابون فعّالاً فإنه يجب أن يغطى كل جسم الحشرة، وإذا ما جف فإن متبقياته لا يكون لها أى تأثير على الآفة. وليس للصابون تأثير يذكر على بيض الحشرات.

ويذكر — كذلك — أن الصابون السائل يفيد فى مكافحة البياض الدقيقى. ومن بين أنواع الصابون السائل المتوفرة تجاريًا كمبيدات: M-Pede، وSafer، وConcern، وOrganica. وتعد نباتات الخيار حسّاسة للمبيد الأول (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

لا يعرف على وجه التحديد كيف يعمل الصابون ضد الحشرات، ولكن الاعتقاد السائد أنه يزيل الدهون والطبقة الشمعية الخارجية المغلفة لأديم الحشرة؛ مما يجعلها تفقد رطوبتها سريعًا إلى أن تجف وتموت. كما يعتقد بأن لبعض أنواع الصابون خصائص أخرى قاتلة للحشرات من خلال تأثيرها على جهازها العصبى. ونظرًا لأن تأثيرها يكون فقط — على الحشرات الآكلة للنباتات، فإنها لا تؤثر على غيرها من الحشرات النافعة سواء أكانت من المفترسات، أم من المتطفلات. كذلك فإن الرش بمحاليل الصابون تحت

ضغط عال قد يغسل بعض الحشرات من على النباتات، كما قد يفقد بعضها الآخر قدرته على الحركة فى ماء الصابون؛ مما يجعل من السهل غسيله من على النباتات.

يقتل الصابون عديدًا من الحشرات منها المنّ، والخنافس المغبِّرة والذبابة البيضاء، والحشرات القشرية الطرية، وكذلك الأكاروسات، ولكن يتعين تكرار الرش على فترات متقاربة لتحقيق مكافحة جيدة. هذا.. وتكون الحشرات والديدان الكبيرة ويرقات الخنافس منيعة ضد الصابون.

يتعين عند المعاملة بالصابون وصول محلول الرش إلى الحشرة ذاتها، ذلك لأنه ليس للصابون أى فاعلية متبقية بعد ذلك. وهو يستخدم — عادة — بتركيز ٢٪.

قد تكون بعض النباتات حساسة للصابون؛ لذا يلزم اختبار محلول الرش على عدد محدود من النباتات قبل معاملة الحقل كله. ويقدر الـ LSD_{50} للصابون بنحو ١٦٩٠٠ مجم/كجم.

وقد وجد أن منتجات الصابون السائل والمنظفات الصناعية والزيوت المعدنية لا تعطى نتائج إيجابية فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الطماطم إلا بقدر أضرار السمية التى تحدثها تلك المنتجات بالأوراق؛ بمعنى أن زيادة الضرر تؤدى إلى نقص أعداد الذبابة (Sclar وآخرون ١٩٩٩).

وإلى جانب تأثيره القاتل على الحشرات، فإن الصابون يُستخدم — كذلك — كمادة ناشرة؛ مما يسمح بانتشار مواد الرش فى الشقوق الصغيرة جدًّا وعلى كل السطح النباتى.

ولتجنب الأضرار التى قد تحدث جراء استخدام الصابون فى المكافحة يجب استخدام تركيزات تقل عن التركيز (٢٪ أو ٣٪) الذى قد يوصى به، كما يحسن غسل النباتات بالرش بالماء بعد ساعتين من المعاملة، مع تقليل عدد مرات الرش، على الرغم من أن الرش المتكرر كل ٤–٧ أيام قد يكون ضروريًا لمكافحة بعض الحشرات، مثل العنكبوت الأحمر. ويتعين أن يُغطى محلول الرش كل الأسطح النباتية.

ولا يجوز استعمال الماء العسر فى تحضير محلول الرش لأن الأملاح التى توجد به قد تتفاعل مع الصابون؛ لتحدث به تغيرات كيميائية تغير من خصائصه. ويكون استعمال الصابون أكثر كفاءة فى الجو الرطب الذى لا يجف فيه محلول الرش سريعًا.

الزيوت

تتعدد أنواع الزيوت التى تُستخدم فى مكافحة الأمراض والآفات النباتية، وهى إما زيوت بترولية mineral oils مكررة (منقاة) بدرجة عالية، وإما زيوت نباتية vegetable oils، وهما يُعرفان – معًا – باسم الزيوت البستانية horticultural oils. كذلك تعرف من أنواع الزيوت الأخرى: زيوت الأسماك، والزيوت الأساسية essential oils (أو الطيَّارة) وأنواعها كثيرة وتتميز بروائح عطرية مميزة.

ومن التحضيرات التجارية لمختلف أنواع الزيوت، ما يلى (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – ٢٠٠٦، و Caldwell وآخرين ٢٠١٣).

١– الزيوت البترولية:

PureSpray
JMS Stylet Oil
PureSpray Green
SuffOil

٢– الزيوت النباتية:

Concern
Carrier
GC-3
Eco E-rase
Golden Pest Spray Oil
Green Cypress Organic Spreader
Natur'l Oil
Pest Out
Vegol

٣- زيوت الأسماك:

Oleum Fish Oil

Organocide

SeaCide

٤- الزيوت الأساسية:

Ecotec

Ecotec G

Sporatec

ومن أهم مميزات الزيوت — بصفة عامة — الأمان، وفاعليتها الجيدة، مع محدودية تأثيرها على الحشرات النافعة.

تفيد الزيوت المعدنية كثيرًا فى الحد من انتشار الفيروسات غير المتبقية التى تنقلها الحشرات.

وقد وجد أن الزيوت تتجمع فى الشقوق الدقيقة بين خلايا البشرة، وهى نفس المنطقة التى تتغذى فيها حشرة المنّ. وعندما تتغذى الحشرة تتلوث أجزاء الفم الثاقبة الماصة بالزيوت، ومن هذه اللحظة تتوقف قدرتها على التقاط الفيرس، أو نقله، أو إحداث إصابة جديدة.

وقد ثبتت فاعلية الزيوت فى تقليل انتقال الفيروسات غير المتبقية، ونصف المتبقية. والمتبقية التى ينقلها المنّ، والفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء.

وكان الزيت المعدنى أكثر كفاءة — بكثير — من زيت لفت الزيت فى حماية البطاطس من الإصابة بالفيروسين PVY، و PVM اللذان ينقلهما المن (Wróbel ٢٠١٢).

ويجب عدم استعمال الزيوت على النباتات الحساسة أو تلك المعرضة لظروف الجفاف لأن ذلك يزيد من تعرضها للأضرار، كما لا يجب استعمالها عند ارتفاع الحرارة عن ٣٨°م أو عند ارتفاع الرطوبة النسبية.

تؤثر الزيوت على الحشرات من خلال الآليات التالية:

١- إصابة الحشرة بالاختناق نتيجة لسدّ الزيت للفتحات الهوائية spiracles التى تتنفس الحشرة من خلالها.

٢- تفاعل الزيوت مع الأحماض الدهنية للحشرة؛ مما يتعارض مع أيضها الطبيعى.

٣- التعارض مع تغذية الحشرة، وتشكيلها لحاجز ميكانيكى يمنع أضرارها.

أما الزيوت النباتية وزيوت السمك فإنها تصنف على أنها دهون تحتوى على هيدروكربونات طويلة السلسلة. وتتضمن الدهون أحماضًا دهنية، وجليسريدات. واستيرولات، وأكثر الأحماض الدهنية تواجدًا هى أحماض البالمتك Palmitic، والاستيريك steric، واللينوليك linoleic، والأوليك oleic. ويُتحصل على الزيوت النباتية أساسًا من البذور، بينما يُتحصل على زيوت السمك كمنتج إضافى من صناعات الأسماك.

ومن الزيوت الأخرى التى أظهرت فاعلية فى المقاومة الزيوت الأساسية (أو الطيارة) المتحصل عليها من نباتات مثل الكافور، والنعناع، والثوم.

تؤثر الزيوت فى مدى واسع من الحشرات، مثل المنّ، والتربس، والذباب الأبيض، والخنافس المغبّرة، والحشرات القشرية، كما تستعمل ضد الأكاروسات. هذا.. ولم تظهر بأى من تلك الآفات مقاومة وراثية ضد الزيوت.

قد تزوّد التحضيرات التجارية للزيوت بالمستخلصات، وإن لم يكن الأمر كذلك فإنه يلزم تزويدها ببعض المواد الناشرة لأجل تأمين تغطية كاملة لجميع الأسطح النباتية بالزيوت عند الرش، مع ضرورة الرش عدة مرات.

وكلما انخفضت قدرة الزيت المستعمل على التبخر كلما ازدادت فرصة سميته للنبات. ولأن التبخر يكون أبطأ فى الجو الرطب، فإنه يوصى بعدم رش الزيوت عند ارتفاع الرطوبة النسبية.

ولخفض الأضرار التى قد تنشأ عن استعمال الزيوت يوصى بما يلى:

١–عدم زيادة التركيز المستعمل عن ١٪ حجمًا بحجم.

٢–عدم الرش عند ارتفاع الحرارة عن ٢٧ °م.

٣–أن يكون الرش على صورة رذاذ دقيق جدًا.

٤–تأمين رج جيد بتانك الرش.

٥–التأكد من أن كل الزيت على صورة مستحلب.

تتميز الزيوت بفاعلية كبيرة ضد الأكاروس وعديد من الحشرات؛ مثل المنّ، والحشرة القشرية، وبعض الخنافس. وهى تتميز بتأثيرها الفعال ضد مختلف الأطوار الحشرية من البيضة إلى الحشرة الكاملة. كما أن معظم الزيوت المستخدمة اختيارية؛ بمعنى أنها تؤثر على الحشرة المستهدفة، دون أن تؤثر على الأعداء الطبيعية للحشرات. هذا.. فضلاً على أنه لم تظهر إلى الآن — وبعد عدة عقود من استعمالها فى البساتين — أية حشرات مقاومة للزيوت التى استخدمت فى مكافحتها.

ومن المميزات الأخرى للزيوت أنها قليلة السمية بالنسبة للثدييات، وأنها تتحلل سريعًا — بفعل العوامل الجوية والنشاط البكتيرى — إلى مركبات أخرى أقل ضررًا على البيئة. هذا.. فضلاً على رخص أسعارها مقارنة بالمبيدات العادية.

هذا.. ويتعين — لكى تكون الزيوت فعّالة فى المكافحة — أن يتم رشها بشكل جيد، بحيث يغطّى كل سطح الحشرة بغشاء رقيق من الزيت.

وقد استخدمت عديد من التحضيرات التجارية من الزيوت البترولية، والزيوت النباتية الخام، وزيت الطعام العادى (مثل: زيت فول الصويا، وزيت عباد الشمس، وزيت القرطم، وزيت الذرة، وزيت الفول السودانى) فى مكافحة عديد من حشرات وأكاروسات الخضر والفاكهة، وخاصة الساكنة منها.

وتجدر الإشارة إلى أن فاعلية الزيوت فى مكافحة الحشرات والأكاروسات تقتصر —

فقط- على ما يتواجد منها على الأسطح النباتية وقت المعاملة؛ بمعنى أنها لا تعطى النبات حماية مما قد يصل إليه من أفراد جديدة من الحشرات بعد المعاملة.

وبالنسبة للزيوت الأساسية، فإن الدراسات التى أُجريت عليها — وهى كثيرة — سنقدم لها تحت مختلف الأمراض التى استخدمت الزيوت فى مكافحتها. وكمثال على تلك الدراسات وجد أن المعاملة بزيت الكافور *Eucalyptus globules* أدت إلى منع ظهور أعراض إصابة القلقاس بلفحة الأوراق التى يسببها الفطر*Phytophthora colocasiae*، وكذلك منع تجرثم الفطر عندما أجريت المعاملة بتركيز ٣,٥ مجم/مل. ولقد كانت أكثر المركبات المتطايرة تواجدًا فى الزيت، هى: cineole بنسبة ٢٦,٤٪، و ∝-pinene بنسبة ١٤,١٪، و p-cymene بنسبة ١٠,٢٪ (Sameza وآخرون ٢٠١٤).

الكاولين

يعد الكاولين kaolin أحد أنواع الطين الذى ينتج بفعل عوامل التجوية على معدن الـ feldspar، وهو يحتوى — أساسًا— على الكاولينيت kaolinite. يُطحن الكاولين لأجل تجانس حبيباته ويُعامل به معلقًا فى الماء، حيث يشكل — بعد جفاف الماء — غشاء أبيضًا رقيقًا على الأسطح الورقية وكذلك سطح السيقان والثمار.

يعمل الكاولين بعدة طرق، فهو يعد حاجزًا فيزيائيًا يمنع الحشرة من الوصول إلى النسيج النباتى المرغوب فيه من قبل الحشرة، كذلك فإنه يعمل كمادة طاردة حيث يجعل السطح النباتى غير مناسب لتغذية الحشرة أو وضع بيضها عليه، كما قد يتسبب غشاء الكاولين فى تغيير اللون الطبيعى للسطح النباتى؛ مما يزيد من صعوبة تعرف الحشرة على عائلها. هذا فضلاً عن عمل جزيئات الكاولين كمثيرات أو مهيجات للحشرات. ومع التصاق جزيئات الكاولين بجسم الحشرة فإنها تسبب مضايقات لها.

وقد وجد — كذلك — أن الكاولين يلعب دورًا فى مقاومة أمراض وحشرات الحبوب المخزنة.

ولا يعمل الكاولين بكفاءة إلا إذا وصل إلى جميع الأسطح النباتية.

ومن أكثر التحضيرات التجارية للكاولين شيوعًا المنتج سَرَّوند Surround، وهو مجهز كمسحوق قابل للبلل يخلط مع الماء عند الاستعمال.

ويفيد الكاولين فى مكافحة بعض ديدان حرشفية الأجنحة، والسوس، ومنّ الكرنب، وتربس البصل، والخنفساء البرغوثية، والذبابة البيضاء، وخنفساء الخيار، وذلك بدرجات متفاوتة، إلا أن الكاولين يؤثر سلبيًّا — كذلك — على الحشرات النافعة، (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

أثبت الكاولين كفاءة عالية فى مكافحة التربس فى البصل، حيث تعارض مع وضع الحشرة لبيضها، وقلل الفقس، وأدى إلى زيادة طول فترة الأطوار اليرقية، وزيادة معدلات موت الأفراد. ولكن يعاب على استخدام الكاولين فى المكافحة ضرورة تكرار الرش عدة مرات على فترات متقاربة لتوفير غشاء الكاولين — بصورة دائمة — على النموات الورقية الجديدة (Larentzaki وآخرون ٢٠٠٨).

التربة الدياتومية

تتكون التربة الدياتومية diatomaceous earth من محارات السيليكا المتحجرة لكائنات مائية صغيرة وحيدة الخلية تسمى دياتومات diatoms، وهى التى كانت قد تكونت — منذ نحو ٣٠ مليون سنة — كترسبات عميقة من الدياتوميت diatomite. تُجمع تلك الترسبات وتطحن إلى أن تأخذ مظهر وملمس بودرة التلك. تستعمل البودرة كمبيد حشرى ذو أساس معدنى.

تمتص التربة الدياتومية الطبقة الشمعية التى توجد على سطح الحشرة؛ مما يجعل الحشرة تفقد رطوبتها، كما قد تعمل على تجريح طبقة أديم الحشرة. ولا تفضل بعض الحشرات التغذية على النموات النباتية المعاملة. وهى تفيد فى مكافحة نطاطات الأعشاب، والبزاقات، والحشرات ذات الأجسام الرخوة مثل المنّ.

ويُعاب على استعمال التربة الدياتومية أنها لا تكون فعالة فى الجو الرطب، كما أنها قد تقتل حشرة أبو العبد ladybird المفيدة.

وتتوفر تحضيرات للتربة الدياتومية إما منفردة وإما مخلوطة مع البيرثرن، ويقدر الـ LSD_{50} لها بنحو ٣١٦٠–٨٠٠٠ مجم/كجم (Colorado State University – الإنترنت – ٢٠٠٦).

شفط الحشرات

أمكن مكافحة عديد من الحشرات الصغيرة فى حقول الفراولة بواسطة شفطها بجهاز يمر على مصاطب الزراعة يطلق عليه اسم بيوفاك Biovac، وهو جهاز صُمِّمَ خصيصًا للفراولة، حيث يخلص النباتات من الجزء الأكبر من تلك الحشرات. ويوصى بعدم استعمال الجهاز بين الساعة الثامنة صباحًا والسادسة مساءً وهى الفترة التى ينشط فيها النحل؛ ذلك لأن مروره فى وجود النحل – فى أحد الاختبارات – أدى إلى طيران ١٩٪ فقط من أفراد النحل، ومن بين الأعداد المتبقية.. شفط الجهاز ٦١٪ منها، بينما تعلقت الباقيات (٣٩٪) بالنباتات (Chisson وآخرون ١٩٩٧).

كما أمكن خفض أعداد عديد من الحشرات – مثل الذبابة البيضاء والمنّ، و *Empoasca* spp. – بمعدلات تراوحت بين ٥٠٪، و٧٥٪ بطريق الشفط الهوائى من أعلى المصاطب بعد تحريك تلك الحشرات من أماكنها بالأوراق بدفع تيار هوائى قوى من جانبى المصطبة. أما صانعات الأنفاق فلم تكن تلك الطريقة مؤثرة معها بسبب قدرتها القوية على الطيران (Weintraub وآخرون ١٩٩٦).

وقد أمكن بتلك الطريقة تقليص أعداد الذبابة البيضاء فى حقول الكنتالوب بنسبة ٣٠٪ إلى ٦٠٪ عن طريق شفطها. أجرى ذلك بتركيب وحدة على الجرار تقوم أثناء سيره على مصاطب الكنتالوب بدفع تيار هوائى قوى على جانبى المصطبة نحو النباتات فى الوقت الذى يتم فيه شفط الهواء بالتفريغ من أعلى النباتات (Weintraub & Horowitz ١٩٩٩).

الفصل الخامس

السيليكون والكبريت والمركبات النحاسية وأملاح البيكربونات

تستخدم بعض العناصر والمركبات الكيميائية الشائعة — غير الضارة بالصحة والبيئة — فى مكافحة بعض أمراض وآفات النباتات، ومن أمثلتها الكبريت، والمركبات النحاسية، وأملاح البيكربونات والسيليكون.

السيليكون

يُستخدم السيليكون فى حث المقاومة لبعض الأمراض فى النباتات؛ الأمر الذى نُعطى أمثلة على استخداماته تحت بعض الأمراض النباتية.

ويُعد Van Bockhaven وآخرون (٢٠١٣) مرجعًا فى الآليات التى تُنظمها المعاملة بالسيليكون، والتى تؤدى إلى حث المقاومة الواسعة المدى للأمراض فى النباتات.

الكبريت والكبريت الجيرى

يؤثر الكبريت على عديد من المسببات المرضية الفطرية بتثبيطه لإنبات الجراثيم ونموها، باختراقه للجدر الخلوية والتعارض مع العمليات الأيضية الهامة. وللكبريت الجيرى lime sulfur تأثيرات مماثلة وربما أقوى من الكبريت، وهو خليط من الكالسيوم متعدد الكبريتات calcium polysulfides يحضر بغلى ماء الجير والكبريت معًا.

ويستخدم الكبريت فى مكافحة عديد من الأمراض (منها: صدأ الفاصوليا والبياض الدقيقى وجرب البطاطس والبطاطا والرايزكتونيا فى البطاطس والبنجر)، والعناكب والحشرات (منها: العنكبوت الأحمر وعنكبوت الطماطم الصدئ).

ويستخدم الكبريت الجيرى فى مكافحة البياض الدقيقى وعديد من أنواع العناكب والحشرات (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

المركبات النحاسية

من أهم المنتجات النحاسية المبتخدمة فى مكافحة الأمراض، والتى – يُسمح باستعمالها فى الزراعات العضوية، ما يلى:

أيدروكسيد النحاس – أوكسيد النحاس – أوكسى كلوريد النحاس – أُوكتانويت النحاس copper octanoate– كبريتات النحاس.

والتحضيرات التجارية للمنتجات النحاسية كثيرة، ومنها:

Badge X2

Camelot O

Basic Copper 53

Champ WG

Chem Copp 50

COC WP

Copper Sulfate Grystals

CS 2005

CSC Copper Sulfate Dust Fungicide

Cueva Fungicide Concentrate

Nordox

Nu Cop

PHT Copper Sulfur Dust

وجميعها مبيدات فطرية وبكتيرية (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

أملاح البيكربونات

تستعمل كلاً من بيكربونات الصوديوم وبيكربونات البوتاسيوم فى مكافحة بعض الأمراض، ويسمح باستعمال بيكربونات الصوديوم فى الزراعات العضوية، بينما لا يسمح ببيكربونات البوتاسيوم لهذا الغرض. وكلاهما يفيد فى مكافحة البياض الدقيقى على مختلف المحاصيل.

توفر بيكربونات الصوديوم مكافحة جيدة ضد عديد من الفطريات إذا استخدمت بتركيز ٠,٥٪ فى الماء مع ٠,٥٪ زيت خفيف أو زيت نباتى. وقد أُنتج مركب تجارى يعرف باسم ريميدى Remedy يحتوى على بيكربونات الصوديوم ويستخدم فى مكافحة كلاً من البياض الدقيقى، وتبقعات الأوراق، والأنثراكنوز، والفيتوفثورا، والفوما phoma، والجرب، والبوتريتس botrytis. ويلزم لنجاح المكافحة تكرار الرش أسبوعيًّا إلى حين انتهاء المشكلة (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops — أترا Attra — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ولقد انخفضت شدة الإصابة بعديد من الأمراض بالمعاملة ببيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم، والبيكربونات المخلوطة بالزيوت، وذلك فى عديد من المحاصيل، وبخاصة القرعيات، والفاصوليا، والطماطم؛ لأجل مكافحة البياض الدقيقى، والفيروسات التى تنقلها الحشرات، ولأجل مكافحة اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق السركسبورى فى الطماطم، والصدأ فى الفاصوليا والقمح، ولفحة الساق فى الأسبرجس، ومكافحة كل من تبقع الأوراق الألترنارى والأنثراكنوز، والبياض الزغبى ولفحة الساق الصمغية فى القرعيات (عن McGrath & Shishkoff ٢٠٠٠).

تعمل بيكربونات البوتاسيوم وبيكربونات الصوديوم من خلال الإخلال بتوازن أيونىّ البوتاسيوم والصوديوم — على التوالى — فى خلايا الفطر المرض؛ مما يؤدى إلى انهيار الجدر الخلوية.

ومن أمثلة تحضيراتها التجارية: Kaligreen، وMilStop، وهى تحتوى على ٨٢٪ – ٨٥٪ بيكربونات بوتاسيوم، و١٥٪–١٨٪ مواد ناشرة وبعض المواد المالئة الخاملة الأخرى.

يُستخدم بيكربونات البوتاسيوم بمعدل ٠,٥–٢,٥ كجم/فدان. ويراعى المحافظة على pH محلول الرش عند ٧,٥ أو أعلى من ذلك.

وهو يستخدم – خاصة – لأجل مكافحة البياض الدقيقى (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

الفصل السادس

مستخلصات النباتات والكائنات الدقيقة

تعرف المركبات التى تستخلص من النباتات وتكون سامة للمسببات المرضية والآفات باسم botanical pesticides أو botanicals، ومنها:

١- المستخلصات النباتية، مثل مستخلصات النيم، والثوم، والكافور والكركم turmeric، والتبغ، والزنجبيل ginger.

٢- زيوت أساسية، مثل زيوت القُرّاص nettle، والزعتر، والكافور، والسذّاب rue، وحشيشة الليمون، وشجرة الشاى tea tree.

٣- جل ولبن نباتى، مثل المستخرج من الصبّار aloe.

تتميز الـ botanicals بأنها مستدامة فى الطبيعة، وصديقة للبيئة، وتتحلل بسهولة، ورخيصة الثمن؛ ولذا.. فهى تشكل جزءًا مهمًا من المكافحة الحيوية (Gurjar وآخرون ٢٠١٢).

كذلك تُستخلص مركبات من بعض الكائنات الدقيقة تستخدم فى مكافحة الأمراض والآفات.

وفى جميع هذه المستخلصات تتكون المواد الفعالة فيها من بعض مركبات الأيض الثانوية التى تنتجها تلك النباتات أو الكائنات الدقيقة.

مركبات الأيض الثانوية

أنواعها

تقوم النباتات بتمثيل مركبات أيضية أروماتية ثانوية، مثل الفينولات، والأحماض الفينولية، والكيونونات quinones، والفلافونات flavones، والفلافونويدات flavonoids، والفلافونولات flovonols، والتانينات، والكيومارينات coumarins (شكل ٦-١). ولقد أظهرت المركبات التى تحتوى على تراكيب فينولية، مثل الكارفاكرول carvacrol،

والإيوجينول eugenol، والثيمول thymol نشاطًا عاليًا ضد المسببات المرضية (Gurjar وآخرون ٢٠١٢).

Phenolic structure of Caffeic acid

Structure of quinone

Structure of flavonoides

Structure of tannins

Structure of coumarins

Structure of alkaloides OH

Structure of terpenoides

Azadirachtin

Allicin

شكل (٦-١): التركيب البنائى لبعض المركبات – التى تُنتجها النباتات – والتى تكون مضادة للميكروبات.

ومن أمثلة مركبات الأيض الثانوية ذات النشاط المضاد للميكروبات (botanicals) – التى تُنتجها بعض النباتات – ما يلى (عن Gurjar وآخرين ٢٠١٢):

الاسم العادى	الاسم العلمى	المركب	مجموعة المركب	النشاط ضد
التفاح Apple	*Malus pumila*	Phloretin	Flavonoid derivative	عام
Ashwagandha	*Withania somnifera*	Withafarin A	Lactone	بكتيريا – فطريات
Bael tree	*Aegle marmelos*	Essential oil	Terpenoid	فطريات
شجرة الصمغ Blue gum tree	*Eucalyptus globulus*	Tannin	Polyphenol	بكتيريا- فطريات- فيروسات
البصل Onion	*Allium cepa*	Allicin	Sulfoxide	بكتيريا – فطريات
الزعتر Thyme	*Thymus vulgaris*	Caffeic acid	Terpenoid	بكتيريا- فطريات- فيروسات
الكركم Turmeric	*Curcuma longa*	Curcumin	Terpenoids	بكتيريا- فطريات- بروتوزوا
الداتورة Thorn apple	*Datura stramonium*	Hyoscymine Scopolamine	Alkaloids	فطريات
الفلفل الأسود Black pepper	*Piper nigrum*	Piperine	Alkaloid	فطريات
الخروع Castorbean	*Ricinus communis*	Ricinine Ricininoleic	Alkaloids	فطريات
النيم Neem/Margosa tree	*Azadirachta indica*	Azadirachtin	Terpenoides	بكتيريا – فطريات
الثوم Garlic	*Allium sativum*	Allicin	Solfoxide	بكتيريا – فطريات

ولقد دُرس تأثير المستخلصات المتحصل عليها من ٩ أنواع برية عشبية مأكولة edible على عدد من المسببات المرضية الهامة بعد الحصاد للخضر والفاكهة، وكان لمعظمها تأثير كبير فى الحد من عدد من الإصابات المرضية، وكان مرد ذلك إلى محتواها العالى من الفينولات، مثل مشتقات حامض الكافيك والفلافونات (Gatto وآخرون ٢٠١١).

طريقة فعلها

تعمل مختلف مجموعات مركبات الأيض الثانوية كمضادات ميكروبية من خلال الآليات التالية (Gurjar وآخرون ٢٠١٢):

المجموعة	آلية تأثيرها
الفينولات	إتلاف الأغشية البلازمية – إفقاد الأنسجة لغذاء المسببات المرضية
الأحماض الفينولية	تكوين معقدات مع الجدر الخلوية- وقف نشاط الإنزيمات
التربينوبدات – الزيوت الأساسية	إتلاف الأغشية البلازمية
أشباه القلويات	التداخل مع الجدر الخلوية
التانينات	الارتباط بالبروتينات – تثبيط الإنزيمات – إفقاد الأنسجة لغذاء المسببات المرضية
الفلافونويدات	تكوين معقدات مع الجدر الخلوية – وقف نشاط الإنزيمات
الكيومارينات	التفاعل مع دنا DNA البكتيريا
اللكتينات والبولى ببتيدات	تكوين روابط ثنائية الكبريت

طرق استخلاصها

تُستخلص مختلف مجموعات المركبات الكيميائية من الأنسجة النباتية بمختلف المذيبات، كما يلى (Gurjar وآخرون ٢٠١٢):

المذيب	مجموعات المركبات التى يمكن استخلاصها
الماء	التانينات — السابونينات — التربينويدات terpinoides
الإيثانول	أشباه القلويات alkaloids — التانينات — التربينويدات — الفلافونولات flavonols
الميثانول	التربينويدات — السابونينات — التانينات — الفلافونولات
الكلوروفورم	التربينويدات — الفلافونويدات flavonoids
Dichloro-methanol	التربينويدات
الإثير	أشباه القلويات — التربنيويدات — الكيمومارينات cumarins
الأسيتون	الفلافونولات

بعض المستخلصات النباتية واستعمالاتها

يفيد استعمال بعض المستخلصات النباتية فى مكافحة مسببات مرضية معينة، كما يلى (عن Gurgar وآخرين ٢٠١٢):

- مستخلص ريزومات الكركم *Curcuma longa*، والزنجبيل *Zingiber officinale*.. يفيد فى مكافحة المسببات المرضية: *Phytophthora infestans*، و*Fusarium solani*، و *Pyricularia oryzae*.

- مستخلص أوراق الرِّجلة *Portulaca oleracea*.. لمكافحة الفطر *Helminthosporium maydis*.

- مستخلص أوراق وسيقان ولحاء وجذور النيم *Azadirachta indica* والأنونا *Annona squamosa* لمكافحة أنثراكنوز الفلفل والندوة المبكرة فى الطماطم، وزيت النيم لمكافحة *Alternaroa alternata*، ومستخلص NSKE لبذور النيم لمكافحة البياض الدقيقى فى البسلة، والزيوت الأساسية لبذور النيم والكمون الأسود *Nigelia sativa* لمكافحة *F. oxysporum*، و *A. niger*، و *A. flavus*.

- مستخلص الزيوت الأساسية لأوراق النعناع *Mentha spicata* لمكافحة *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotium sclerotiorum*.
- مستخلص الزيوت الأساسية لأوراق الأوريجانو *Origanum hercleoticum* لمكافحة *F. oxysporum*، و *Phoma tracheiphila*.
- مستخلص المركبات المتطايرة من ثمار الفراولة لمكافحة أنثراكتوز الفراولة.
- مستخلص المركبات المتطايرة من ثمار الراسبرى *Rubus* spp. والفراولة لمكافحة فطريات أعفان بعد الحصاد.
- مستخلص المركبات الفينولية من أوراق حَبْ الملوك *Codiaeum variegatum* (الاسم الإنجليزى: garden croton) لمكافحة *A. alternata*، و *F. oxysporum*.
- الزيوت المتطايرة لأوراق كل من :

الفلفل الأسود *Piper nigrum*

القرنفل *Syzygium aromaticum*

الجيرانيم (إبرة الراعى) *Pelargonium graveolens*

جوزة الطيب *Myristica fragrans*

الزعتر *Thymus vulgaris*

وذلك لمكافحة البكتريا السالبة والموجبة لصبغة جرام.

- مستخلص الزيوت الأساسية لأوراق *Metasequoia glyptostroboides* لمكافحة الفطريات:

Fusarium solani
Colletotrichum capsici
Botrytis cinerea
Fusarium oxysporum
Phytophthora capsici
Sclerotinia sclerotiorum
Rhizoctonia solani

- مستخلص أوراق وبذور وثمار القرنفل والكركم والثوم والريحان لمكافحة الفطر *Aspergillus flavus* .

- مستخلص المركبات المتطايرة لأوراق وجذور حشيشة الليمون *Cymbopogon* spp. والزعتر لمكافحة الفطر *Aspergillus niger* مسبب مرض العفن الأسود فى البصل.

- المستخلص المائى لأوراق وسيقان *Brassica napus* والطماطم لمكافحة الأمراض البكتيرية فى البصل:

- مستخلص أوراق وثمار وبذور الزنجبيل والصبار *Aloe vera* والنيم والكولا المرة *Garcinia cola* لمكافحة أعفان جذور اللوبيا.

- يحتوى المنتج التجارى Hot Pepper Waxo Insect Repellent على الكابسايسين capsaicin والمركبات القريبة منه بنسبة ٣٪، وهو يستعمل كطارد لعديد من الحشرات، منها: المنّ، والعنكبوت الأحمر، والتربس، وصانعات الأنفاق، والذبابة البيضاء، والحشرات القشرية.

مكافحة مختلف المسببات المرضية بالمستخلصات النباتية

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفطريات

من بين الدراسات الهامة فى هذا المجال ما يلى:

- وُجِدَ أن مستخلص أوراق نبات *Reynoutria sachalinensis* شديد الفاعلية فى مكافحة فطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى القرعيات، وكذلك مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الطماطم والتفاح والبيجونيا، وتم إنتاج مستخلصات مركزة تجارية (Milsana flüsig) منها لهذا الغرض.

وقد أدى رش الخيار — أسبوعيًا — بهذا المستخلص بتركيز ٢٪ إلى مكافحة مرض البياض الدقيقى (*S. fuliginea*) بنفس كفاءة مبيد البينوميل. وجعلت المعاملة أوراق الخيار أكثر اخضرارًا ولمعانًا.

ومن التأثيرات الجانبية الأخرى للمعاملة بهذا المستخلص أنه يزيد من تركيز الكلوروفيل، كما يزيد من نشاط بعض الإنزيمات؛ مثل: الـ peroxidase، والـ β-1,3-glucanase، وأيضًا يؤدى إلى زيادة إنتاج الإثيلين.

ويبدو أن المستخلص التجارى Milsana flüsing يؤدى بصورة غير مباشرة إلى زيادة مقاومة النباتات لفطريات البياض الدقيقى (Daayf وآخرون ١٩٩٥)، وذلك من خلال إحداثه لمقاومة موضعية. وبدا أن تكوين مركبات فينولية كان له علاقة بالمقاومة التى أحدثتها المعاملة (Wurms وآخرون ١٩٩٩).

وقد أدت معاملة نباتات الخيار بمستخلص أوراق نبات الملسانا milsana (أو الـ knot weed الذى يتبع عائلة Polygonaceae ويعرف بالاسم العلمى *Reynoutria sachalinensis*).. أدت المعاملة به إلى إنتاج نباتات الخيار لكل من المواد الفينولية التالية:

caffeic acid	Para-coumaric acid
para-coumaric acid methylester	Ferulic acid

كان إنتاج تلك الفينولات فى كل من الأصناف القابلة للإصابة والأصناف المقاومة للبياض الدقيقى. وقد أظهرت تلك المركبات نشاطًا مضادًا لفطريات *Botrytis cinerea*، و *Pythium ultimum*، و *P. aphanidermatum*. لذا.. يعتقد بأن المعاملة بمستخلص أوراق الملسانا أدت إلى حث الخيار لتكوين مركبات مضادة للفطريات عملت على تثبيط الإصابة بالبياض الدقيقى دون أن يكون لذلك علاقة بالمقاومة الوراثية للمرض (Daayf وآخرون ٢٠٠٠).

- أوضحت دراسات Haberle & Schlosser (١٩٩٣) على الخيار أن رش النباتات بالتلميون Telmion (وهو منتج يحتوى على ٨٥٪ من زيت بذور لفت الزيت) أدى إلى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* بنسبة تزيد على ٩٠٪.

- وكذلك حققت الزيوت البستانية مع المواد الناشرة مكافحة جيدة لكل من فطر

البياض الدقيقى *Leveillula taurica*، وفطر *Alternaria alternata* فى الفلفل (Ziv وآخرون ١٩٩٤).

- أمكن خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى البسلة بأى من التحضيرين أجوين ajoene وهو مستخلص من الثوم، ونيمازال neemazal وهو مستخلص من النيم *Azadirachta indica*. وقد تراوحت التركيزات المستعملة بين ١٠٠–٧٥٠، و٥٠–٢٥٠ جزء فى المليون للمركبين، على التوالى (Prithiviraj وآخرون ١٩٩٨).

- وجد كذلك أن مستخلصات بعض النباتات الطحلبية liverworts (من الـ Bryophytes)، مثل: *Bazzani trilobata*، و *Diplophyllum albicans* تؤدى عند رشها على نباتات الطماطم إلى حمايتها – بعد المعاملة بخمسة أيام – من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة؛ بما يعنى أنها تستحث المقاومة فى النباتات (Mekuria وآخرون ١٩٩٩).

- وجد أن المستخلص المائى لنبات *Robinia pseudoacacia* يحتوى على مركبين نشطين بيولوجيًّا يلعبان دورًا فى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الخيار عند رش نباتات الخيار بهما (Zhang وآخرون ٢٠٠٧).

- أدت معاملة نباتات الفلفل – عن طريق التربة – بمستخلص حشيشتى البحر: *Stokeyia indica*، و *Solieria robusta* وحدهما، أو مع البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* – وهى من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو – إلى تثبيط إصابة جذور الفلفل بفطريات الجذور *Macrophomina phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium solani*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica*. كذلك أحدثت المعاملة بحشائش البحر والبكتيريا منفردتين ومجتمعتين زيادة فى قوة نمو نباتات الفلفل (Sultana وآخرون ٢٠٠٨).

- أمكن استخلاص زيت من النبات الأسترالى الموطن *Melaleuca alternifolia*

يحتوى على أكثر من ١٠٠ مركب معظمها من الـ *monoterpenes* والـ *sesquiterpenes* والكحولات. وقد أعطى هذا المنتج عند رشه على النباتات بتركيز ٠,٥٪ إلى ١٪ مكافحة جيدة لعدد كبيرة من الأمراض الفطرية، منها كلاً من البياض الزغبى والبياض الدقيقى، هذا فى الوقت الذى لم يكن فيه للتيموركس أى تأثير سلبى على عشائر الأعداء الطبيعية (Reuveni وآخرون – Biomar Israel Ltd – الإنترنت– ٢٠٠٧).

- اختُبر معمليًا تأثير مستخلصات ٣٤٥ نوعًا نباتيًا، و٤٩ زيتًا أساسيًا على الفطر *Botrytis cinerea*. ولقد أظهر ١٣ مستخلصًا نباتيًا منها – معظمها من جنسى *Allium*، و *Capsicum* – أقوى تأثير. ومن بين الزيوت الأساسية التى اختبر تأثيرها.. كان أقواها ضد الفطر زيوت الـ *Palmarosa* (وهو: *Cymbopogon martini*)، والزعتر الأحمر (*Thymus zygis*) والقرفة (*Cinnamomum zelyanicum*)، والـ clove (وهو *Eugenia carophyllata*). ولقد كانت أكثر مكونات الزيوت تواجدًا وأقواها تأثيرًا ضد الفطر كلاً من: limonene، وcincole، و β-myrcene، و α-pinene، و، β-pinene، و camphor (Wilson وآخرون ١٩٩٧).

- أظهر الزيت الأساسى لنبات *Hyptis suaveolens* (وهو حشيشة عشبية حولية تنمو بريًا فى الهند) نشاطًا معنويًا مضادًا لفطريات التربة *Rhizoctonia solani*، و *Corticium rolfsii*، و *Sclerotinia sclerotiorum*. ولقد أدت المعاملة بالزيت إلى الحد بشدة من إنبات الجراثيم الأسكية للفطر *S. sclerotiorum* وصل إلى ١٠٠٪ تقريبًا عند تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون للزيت. كذلك أدت المعاملة بالزيت مع فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مكافحة الذبول وأعفان الجذور لنبات *Brassica oleracea* var. *gongylodes* التى يسببها الفطر *S. sclerotiorum*. وقد أثرت المعاملة بالزيت على نمو الميسيليوم دون أن تؤثر على حيوية الأجسام الحجرية لأى من الفطريات الثلاثة (Singh & Handique ١٩٩٧).

• تعتمد استراتيجية مكافحة العفن الأبيض فى البصل والثوم الذى يسببه الفطر *Sclerotium cepivorumn* على خفض أعداد الأجسام الحجرية للفطر فى التربة. ونجد تحت الظروف الطبيعية أن الأجسام الحجرية للفطر تنبت وتُحدث الإصابة استجابة لمنبهات كيميائية خاصة تفرزها جذور العائل، وتعد الـ alkenyl L-cystein sufoxides التى تتواجد بإفرازات جذور الثوميات هى المواد الأولية للمركبات المتطايرة allyl sulfides، وpropyl sulfides التى تحفز إنبات الأجسام الحجرية. هذا إلاّ أنه يمكن تحفيز إنبات الأجسام الحجرية للفطر – كذلك – بكل من زيتى البصل والثوم اللذان يحتويان على مركبات مشابهة لتلك التى توجد فى إفرازات الجذور.

• وقد أدت معاملة التربة بمسحوق الثوم إلى موت أكثر من ٩٠٪ من الأجسام الحجرية للفطر فى خلال ثلاثة شهور من المعاملة، وكانت هذه النتيجة مماثلة لتلك التى حققتها معاملة التربة ببروميد الميثايل. ولقد كان مستوى إهلاك الأجسام الحجرية الذى حققته المعاملة بمسحوق الثوم بمعدل ١١٢ كجم للهكتار (٤٧ كجم للفدان) مماثلاً لذلك الذى حققته المعاملة ببروميد الميثايل بمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٨ كجم للفدان). وعلى الرغم من الخفض الشديد الذى حققته تلك المعاملات فى أعداد الأجسام الحجرية للفطر، فإن الفطر المرض سبب أضرارًا جسيمة فى النمو النباتى ومحصول الثوم الذى زرع فى نفس الحقل بعد عام واحد من إجراء المعاملات (Davis وآخرون ٢٠٠٧).

• وقد تعود منتجى الزراعات العضوية على الرش بمستخلص نبات ذنب الخيل Eqyisetum arvense لأجل مكافحة الأمراض الفطرية، مثل مرض الذبول الطرى، وتبين أن هذا النبات يحتوى على سيليكا طبيعية بنسبة ١٥٪–٤٠٪. وتستخدم سيليكات البوتاسيوم – حاليًا – كبديل لهذا المستخلص (Quarles ٢٠٠٧).

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة البكتيريا

وجد أن رش نباتات الطماطم بمستخلص أى من الثوم أو نبات *Ficus carica* يخفض من شدة إصابتها بكل من المسببات المرضية البكتيرية *Clavibacter michiganensis*

Pseudomonas syringae و (مسبب مرض التقرح البكتيرى)، subsp. *michiganensis* pv. *tomato* (مسبب مرض النقط البكتيرية)، و *Xanthomonas vesicatoria* (مسبب مرض البقع البكتيرية)، حيث أدت المعاملة إلى مقاومة الأمراض بنسبة ٦٥٪، و٣٨٪ للمستخلصين — على التوالى — مقارنة بالمقاومة القياسية باستعمال المركبات النحاسية (Balestra وآخرون ٢٠٠٩).

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفيروسات

وجد أن معاملة الأوراق السفلى للنباتات — رشًّا أو بالحك — بمستخلص أوراق النبات *Clerodendrum aculeatum* يستحث فى النباتات تطوير مستوى عالٍ من المقاومة الجهازية ضد الإصابات الفيروسية من خلال إنتاجها — بعد المعاملة بمستخلص النبات — لعامل مثبط للفيروسات virus inhibitory agent.

فقد أدى رش نباتات فاصوليا المنج *Vigna radiata* بمستخلص نبات *C. aculeatum* إلى تقليل إصابتها بفيرس موزايك فاصوليا المنج الأصفر، حيث كانت النباتات المعاملة إما عديمة الأعراض أو ظهرت عليها أعراض طفيفة للإصابة بالفيرس مقارنة بأعراض شديدة ظهرت على نباتات الكنترول. كذلك أعطت معاملة التربة بمسحوق جاف لأوراق *C. aculeatum* نتيجة مماثلة لتلك المتحصل عليها بالرش بمستخلص النبات (Verma & Singh ١٩٩٤).

ولقد أمكن تنقية وعزل المركب الموجود فى أوراق نبات *C. aculeatum*، وتبين أنه بروتين ذات كتلة جزيئية مقدرها ٣٤ كيلو دالتون. ولقد أدت معاملة النباتات بهذا البروتين إلى حثها لتطوير مقاومة عالية جدًّا ضد الإصابات الفيروسية. وأمكن ملاحظة تلك الحالة بعد ساعات قليلة من عدوى النباتات بالفيرس، حيث كانت البقع المرضية إما أقل عددًا، وإما غائبة تمامًا. وتبعًا للنوع النباتى، فإن الحد الأدنى للوقت الذى لزم مروره لظهور المقاومة الجهازية فى الأوراق غير المعاملة بالنباتات القابلة للإصابة تراوح بين ٥ دقائق وثلاثون دقيقة (Verma وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى رش نباتات الطماطم بأى من الزيوت الأساسية geraniol (وهو monoterpene يمثل مكون رئيسى لعدد من الزيوت الأساسية)، وزيت الـ lemongrass (وهو *Cymbopogon flexuosus*)، وزيت الـ tea tree (وهو *Melaleuca alternifolii*)، مع الكاولين kaolin – الذى يكون غشاء على سطح الورقة – إلى حماية النباتات من الإصابة بفيرس ذبول وتبقع أوراق الطماطم (Reitz وآخرون ٢٠٠٨).

وإلى جانب التأثير المباشر لمركبات الـ limonoids – مثل الـ azadirachtin – التى توجد فى زيت النيم – فى مكافحة الحشرات، فإن زيت النيم – مثل أى زيت آخر يستعمل فى المجال الزراعى – يفيد – كذلك – فى إعاقة اكتساب المنّ للفيروسات التى تنقلها، وقد ظهر ذلك التأثير فى تثبيط زيت النيم لانتقال فيرس واى البطاطس فى الفلفل بواسطة المنّ *Myzus persicae* (Lowery وآخرون ١٩٩٧).

مستخلصات نباتية متداولة

زيت النيم والآزاديراكتين

يعد زيت النيم neem oil أو صابون زيت النيم neem oil soap اللذان يحتويان على المادة الفعّالة Azadirachtin المستخلصة من شجرة النيم *Azadiracta indica* من المبيدات الحشرية. تنمو شجرة النيم بريًا فى جنوب آسيا وتستوطن الهند وتتبع العائلة Meliaceae، ويمكن زراعتها فى معظم المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم.

تُستخلص منتجات النيم من بذور الشجرة بعد سحقها ثم معاملتها بالماء أو بالكحول.

وتقسم منتجات النيم إلى ثلاث فئات كما يلى:

١- منتجات أساسها الأزاديراكتين Azadirachtin، مثل:

Azera	AZA-Direct	Agroneem
Safer	Ecosense	Azatrol
	Neemix	Ecoside

٢- منتجات زيت النيم، مثل Triology، وTriact 70.

٣- منتجات صابون زيت النيم، مثل Organica.

تتوفر منتجات النيم – عادة – كمستخلصات مركزة، إلاّ أن صابون زيت النيم يكون فى صورة مركز سائل قابل للذوبان فى الماء. يمكن خلط منتجات النيم – عادة – بغيرها من المبيدات، إلاّ أن بعض الأنواع النباتية قد تكون حساسة للنيم؛ الأمر الذى يتطلب الحذر عند إجراء المعاملة.

ولزيادة كفاءة المعاملة بمنتجات النيم يُراعى ما يلى:

١-الرش عدة مرات، ذلك لأن النيم لا يبقى فعّالاً لفترة طويلة على الأسطح النباتية؛ فهو يمكن أن يتحلل بفعل الأشعة الشمسية فى خلال ١٠٠ ساعة من الرش، كما يمكن أن يغسل بفعل الأمطار ومياه الرى بالرش.

٢-استهداف الأطوار الصغيرة من الحشرات؛ حيث تقل كفاءته على كل من البيض والحشرات الكاملة. ويتحقق ذلك الأمر ببدء الرش بالنيم مبكرًا خلال موسم نمو المحصول.

٣-بدء المعاملة بالنيم قبل استفحال خطر الآفة المستهدفة؛ نظرًا لأن كفاءته كمضاد للتغذية ولوضع الحشرات لبيضها تزداد عندما تكون أعداد الحشرة قليلة إلى متوسطة.

٤-يعمل النيم بشكل جيد فى الجو الدافئ.

٥-نظرًا للخصائص الجهازية للنيم فإنه قد يُفيد استعماله فى رش الشتلات قبل نقلها إلى الحقل الدائم. وبسبب تلك الخاصية الجهازية فإنه يكون من المفيد إضافة النيم رشًا فى كمية كبيرة من الماء مع توجيه محلول الرش نحو خطوط النباتات الصغيرة، أو إضافته مع ماء الرى بالتنقيط.

يعد الآزاديراكتين Azadirachtin واحدًا من أكثر من ٧٠ مركبًا ينتجها نبات النيم، وهو يعمل – أساسًا – كمنظم نمو حشرى يمنع انسلاخها، ولكن أيضًا كمضاد للتغذية ولوضع البيض.

تؤثر مستخلصات النيم فى أكثر من ٦٠٠ نوع حشرى منها بعض أنواع من الذباب الأبيض، والتربس، وصانعات الأنفاق، وديدان حرشفية الأجنحة، والمنّ، والحشرات القشرية، والخنافس، والخنافس المغبرة ونطاطات النباتات، وكذلك يؤثر النيم فى الأكاروس والقواقع. وأكثر الحشرات تأثرًا هى يرقات حرشفية الأجنحة والمنّ. هذا.. بينما يؤثر النيم فى النحل ومعظم الحشرات النافعة الأخرى من الأعداء الطبيعية (عن الإنترنت – Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – ٢٠٠٦).

وتتوفر حاليًّا تحضيرات تجارية كثيرة من النيم، منها: Neem Gold، و Neemazal، وEconeem، وNeemark، وNeemcure، و Azatin (Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

ولقد أدت معاملة الخرشوف بكل من النيم (المركب التجارى: NeemAzal-T/S) والتربة الدياتومية diatomaceous earth إلى مكافحة المنّ *Myzus persicae* بصورة جيدة (El-Wakil & Saleh ٢٠٠٩).

كما تُعطى المستخلصات المائية لأوراق وكُسب النيم neem cake ومستحضراته التجارية مقاومة جيدة لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم تتمثل فى ضعف فقس البيض، وشلّ حركة اليرقات وموتها، وذلك بنسب متباينة، إلا أن اليرقات التى تفقس وتفلت من التعرض لأضرار النيم تتمكن من إحداث الإصابة (Javed وآخرون ٢٠٠٨).

مُستخلص الثوم

يُنتج الثوم المركب المتطاير المضاد للميكروبات آلّيسين allicin (وهو: diallylthiosulphinate)، وذلك عندما تُجرح الأنسجة وتختلط مادة الآلّيين alliin (وهى: S-allyl-1-cysteine sulphoxide) مع الإنزيم آلّيين لاييز alliin-lyase. ينفذ الآلّيسين سريعًا من خلال الأغشية البلازمية ويدخل فى تفاعلات مع مجموعات الـ thiol الحرة فى البروتينات. ويعتقد أن تلك الخصائص هى أساس فعله المضاد للميكروبات. ولقد وجد أن

الآليسين كافح فطر .*Alternaria* spp المحمول على البذور فى الجزر، ولفحة فيتوفثورا بكل من أوراق الطماطم ودرنات البطاطس (Slusarenko وآخرون ٢٠٠٨).

ويحتوى المنتج التجارى Garlic Barrier Insect Repellent على ٩٩,٣٪ عصير ثوم، وهو يستخدم كطارد لعديد من الحشرات، منها: المنّ، والخنافس، والناخرات، والديدان القاطعة، ونطاطات الأوراق، وصانعات الأنفاق، والـ maggots، والخنافس المغبرة، والحشرات القشرية، والذباب الأبيض.

البيرثرم

البيرثرم pyrethrum هو الاسم الذى يُعطى لمبيد حشرى يُحصل عليه من مسحوق الرؤوس الزهرية المجففة لزهرة الربيع من النوع *Chrysanthemum cinerariaefolium* بصورة أساسية، ولكن كذلك من *C. Coccineum*، و *C. marshalli*. والبيرثرم واحد من ستة بيرثرينات pyrethrins تتواجد فى تلك الأنواع، وجميعها تُعد من المبيدات الحشرية. أما البيروثرويدات pyrethroids فإنها مركبات مجهزة صناعيًّا ذات تركيب وفعل مماثل للبيرثرينات، ولا يُصرَّح باستعمالها فى الزراعات العضوية.

يعمل البيرثرم بالملامسة، حيث يؤدى إلى شلّ الحشرة من خلال تأثيره على جهازها العصبى.

يُفيد البيرثرم فى مكافحة الخنافس وديدان حرشفية الأجنحة والمن والذباب والذبابة البيضاء والتربس ونطاطات الأوراق والعناكب.

ومن بين المنتجات التجارية للبيرثرم، ما يلى:

Azera

Concern

Pyganic Crop Protection

Safer Brand

(Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

الروتينون

لم يعد الروتينون rotenone مسموحًا باستعماله فى الزراعات العضوية، وهو مبيد حشرى يُتحصل عليه من بعض بقوليات المناطق تحت الاستوائية من أجناس *Derris*، و *Lonchocarpus*، و *Tephrosia*. ويعمل الروتينون من خلال تأثيره على نظام انتقال الإليكترونات فى الميتوكوندريات، ويؤثر بالملامسة وبعد تناول الحشرة له. وتأثيره واسع المدى على عديد من الحشرات (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

الشيتين والشيتوسان

تستخلص البروتينات الشيتينية من الأغلفة الخارجية الصلبة لبعض الأحياء المائية؛ مثل الجمبرى، وسرطان البحر، وغيرهما.

وقد استخدمت البروتينات الشيتينية فى تحضير مركبات تجارية مثل الشيتوسان chitosan، وهى تكسب النباتات مقاومة ضد الإصابة بالفطريات والنيماتودا كما يستدل من الأمثلة التالية:

- وجد Evans (١٩٩٣) أن إضافة الشيتين chitin إلى التربة أفاد فى مكافحة الفطر *Plasmodiophora brassicae* مسبب مرض الجذر الصولجانى فى الكرنب الصينى.
- أكسبت معاملة البذور بالشيتوسان نباتات الطماطم مقاومة للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذور، ولكن إضافة المركب إلى التربة — مع معاملة البذور — حققت نتائج أفضل فى مكافحة المرض وحماية البادرات (Benhamou وآخرون ١٩٩٤).
- أدت معاملة جذور الجزر بالشيتوسان بتركيز ٢٪ أو ٤٪ إلى الحد — بشدة — من إصابتها بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* (Cheath وآخرون ١٩٩٧).
- أدت معاملة التربة بالشيتين chitin قبل زراعة الكرفس إلى تقليل إصابته بالذبول الفيوزارى، هذا بينما لم يؤثر غمس الجذور فى الشيتوسان chitosan على شدة

الإصابة إلاّ عندما أجريت على صنف متحمل للمرض. ولقد أدت معاملة التربة بالشيتين إلى زيادة أعداد البكتيريا والأكتينوميسيتات actiomycets بها. وتجدر الإشارة إلى أنه لا إضافة الشيتين إلى التربة ولا غمس جذور الشتلات في الشيتوسان قلل من تواجد الفطر *Fusarium oxysporum* بالتربة؛ إلا إنه لم يعرف – على وجه التحديد – تأثير كلتا المعاملتين على تواجد الفطر *F. oxysporum* f. sp. *apii* (Bell وآخرون ١٩٩٨).

• أدى رش النموات الخضرية للخيار والطماطم والفلفل في البيوت البلاستيكية أربع مرات – بدءًا من بعد الشتل بشهر، ثم كل ١٥ يومًا بعد ذلك – بمستحثات الدفاع النباتي (٢٠ مللي مول كلوريد كالسيوم + ١٠ مل/لتر من ١٠×١٠^١٠ وحدة مكونة للمستعمرات/مل من الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* + ٠,٠٥ مللي مول شيتوسان chitosan)، و (٢٠ مللي مول بيكربونات البوتاسيوم + ٥ مل/لتر زيت الزعتر).. أدى ذلك إلى أكبر خفض في الإصابة وشدة الإصابة بأمراض البياض الدقيقي والبياض الزغبي والندوة المبكرة والندوة المتأخرة في المحاصيل الثلاثة، وإلى زيادة المحصول المنتج منها. كذلك أظهرت النباتات المعاملة زيادات كبيرة في البروتين الكلي، وفي نشاط إنزيمات البيروكسيديز، والبولي فينول أوكسيديز، والفينيل آلانين أمونيا – لاييز، والشيتينيز، والبيتا ١، ٣ – جلوكانيز، وهي التي صَعَّدت الاستجابات الدفاعية ضد الأمراض (El-Mougy وآخرون ٢٠١٣).

الاسبينوساد

يتركب الاسبينوساد spinosad من المادتين spinosyns (A، وB) اللتان تُنتجان بالتخمر الهوائي لنوع الأكتينوميسيت (بكتيريا خيطية) *Saccharopolysora spinosa*، وهو نوع نادر.

والاسبينوساد مبيد حشري سريع المفعول يعمل بالملامسة ومن خلال الجهاز الهضمي، حيث يؤثر على الجهاز العصبي للحشرة ويفقدها التحكم في عضلاتها.

ومن بين منتجات الاسبينوساد، ما يلى:

Conserve

Entrust

Seduce Insect Bait

وللاسبينوساد تأثير فعال على كل من الخنافس البرغوثية وخنافس الخيار المبقعة والمخططة ويرقات حرشفية الأجنحة والتربس والمن والذباب (Caldweell وآخرون ٢٠١٣).

الفصل السابع

المقاومة المستحثة كيميائيًّا ضد الأمراض

تستحِثُ مركبات بسيطة — لا تتشابه فى تركيبها — تطوير مقاومة جهازية فى نباتات متباعدة عن بعضها تقسيميًّا ضد عديد من المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية والفيروسية. ويترافق مع ظهور المقاومة الجهازية المستحثة تراكم سريع لمركبات دفاعية لا تتشابه فى تركيبها وذات وظائف متباينة، مثلما يحدث طبيعيًّا فى حالات المقاومة الوراثية (Kuć ٢٠٠١).

إن المعاملة الموضعية ببعض الأملاح، مثل الفوسفات والفوسفيت، والسليكيات، والأوكسالات تستحث مقاومة جهازية ضد مدى واسع من المسببات المرضية. كذلك وجد أن العناصر الدقيقة — وبخاصة الزنك والنحاس والمنجنيز — يمكن أن تقوى الجهاز المناعى النباتى. ومما يذكر أن التنشيط يبلغ أقصاه عندما تظهر العوامل البيولوجية للبقع المتحللة الموضعية.

كذلك فإن البقع المحلية ربما كانت هى التى تبدأ منها الخطوات الأولى فى المقاومة الجهازية المستحثة التى تسببها المعاملة بالأحماض الدهنية غير المشبعة فى البطاطس، وتلك التى يسببها بروتينات الـ harpin التى تنتجها بعض البكتيريا النباتية المرضة، وبيبتيدات الـ elicitin التى تنتجها بعض أنواع الجنس *Phytophthora*.

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه من مركبات مُحدِثة للمقاومة الجهازية المستحثة بعد تسببها فى تكوين بقع محلية متحللة فإن التركيزات غير القاتلة من بعض مبيدات الحشائش (PPO type) لها نفس التأثير (Oostendorp وآخرون ٢٠٠١).

كذلك يتوفر عدد من المركبات التى تستحث مقاومة جهازية واسعة المدى، والتى منها المركبات التى تُعرف بالرموز: INA، و ASM، و BTH، و BABA.

ويتناول Hammerchmidt (٢٠٠٤) موضوع الآليات والتطبيقات العملية للمقاومة المستحثة للأمراض الفطرية فى النباتات.

أملاح الفوسفات

من بين الأسمدة الفوسفاتية الشائعة الاستعمال السوبر فوسفات الأحادى، والسوبر فوسفات الثلاثى، وفوسفات ثنائى الأمونيوم، وفوسفات أحادى الأمونيوم، وفوسفات أحادى البوتاسيوم، وجميعها توفر أيون الفوسفات للنبات من حامض الفوسفوريك المستخدم فى إنتاج تلك الأسمدة. ويستخدم النبات الفوسفات فى كلتا الصورتين HPO_4، و H_2PO، وهما اللتان تتوفران سريعًا فى التربة من الأسمدة المضافة إليها.

وقد تبين أن رش النباتات بأملاح الفوسفات يكسبها مقاومة جهازية ضد بعض الأمراض كما يتبين من الأمثلة التالية:

- وُجِدَ أن رش نباتات الطماطم بمخلوط من كل من فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4، وفوسفات ثنائى الصوديوم Na_2HPO_4 أحدث مقاومة جهازية فى النبات ضد الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى (Reuveni وآخرون ١٩٩٣).

- تستحث مركبات الفوسفات المقاومة الجهازية فى عديد من النباتات، منها الخيار، والفاصوليا، والذرة. ويعتقد بأن خلب الكالسيوم بواسطة أيون الفوسفات عند موقع المعاملة هو الذى يعطى إشارة البدء فى المقاومة الجهازية (عن Sticher وآخرين ١٩٩٧).

- أدى رش نباتات الخيار بأملاح الفوسفات phosphate salts إلى حث تكوين مقاومة جهازية فيها ضد كل من الفطرين *Colletotrichum orbiculare* مسبب مرض الأنثراكنوز، و *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى. وقد أظهرت النباتات المعاملة بالفوسفات تراكمًا فى حامض السلسيك، مع زيادة فى نشاط الإنزيمين ذوى العلاقة بالدفاع البنائى: الـ peroxidase، والـ polyphenoloxidase فى جميع أجزاء النبات (Orober وآخرون ١٩٩٩).

• أدى رش نباتات الخيار بـ dipotassium hydrogenophosphate (وهو: K_2HPO_4) إلى تنشيط تكوين مستوى عالٍ من المقاومة الجهازية ضد الفطر *Colletotrichum lagenarium* مسبب مرض الأنثراكنوز، وصاحبت تلك المقاومة ظهور موت موضعى لبعض خلايا الخيار بفعل ملح الفوسفات، وهو الذى تطور — فيما بعد — إلى بقع متحللة منظورة. ولقد سبق موت الخلايا تمثيل سريع لكل من الـ superoxide، والـ hydrogen peroxide، كما ظهرت — نتيجة للمعاملة بالفوسفات — زيادة موضعية وجهازية فى مستوى كل من حامض السلسيلك الحر والمرتبط (Orober وآخرون ٢٠٠٢).

• أدت معاملة نباتات الطماطم والفلفل بأى من الـ acilbenzolar-S-methyl بتركيز ٢٪ أو ٤٪ (حجم/حجم)، أو فوسفات البوتاسيوم بتركيز ٢٥ مللى مول، أو ammonium lignosulfonate بتركيز ٢٪ + ١٠ مللى مول فوسفات بوتاسيوم، ثم عدواها بالبكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*.. أدت إلى خفض إصابتهما جوهريًا بالبقع البكتيرية (Abbasi وآخرون ٢٠٠٢).

حامض الفوسفورس وأيونات الفوسفونيت والفوسفونات

من المصطلحات الحديثة الاستخدام — نسبيًّا فى المجال الزراعى: حامض الفوسفورس phosphorus acid (وليس حامض الفوسفوريك phosphoric acid)، وأيون الفوسفيت phosphate (وليس الفوسفات phosphate)، والفوسفونيت phosphonite، والفوسفونات phosphonate. وعلى خلاف حامض الفوسفوريك الذى يحتوى على أربع ذرات أكسجين (H_3PO_4)، فإن حامض الفوسفورس (H_3PO_3) والمركبات ذات الصلة به تحتوى على ثلاث ذرات أكسجين فقط.

وبينما يعد حامض الفوسفوريك والمركبات ذات الصلة به من المغذيات النباتية، فجميعها أسمدة فوسفاتية، فإن حامض الفوسفورس والمركبات ذات الصلة به تقوى الجهاز المناعى النباتى ضد الإصابات الفطرية. وبذا.. فإن أى من مجموعتى المركبات لا يمكن أن تحل محل الأخرى.

تُسوق أملاح الفوسفيت phosphite لحامض الفوسفورس phosphorus acid (= PO_3^{3-} وتأخذ الرمز Phi) — وهى صورة مختزلة من الفوسفات phosphate لحامض الفوسفوريك (= PO_4^{3-} وتأخذ الرمز Pi) — على نطاق واسع إما كمبيدات فطرية، وإما كسماد، وأحيانًا كمنشط حيوى، وذلك أمر محير بالنسبة لكل من الموزعين والمزارعين. هذا.. إلا أن الأمر المؤكد أن الـ Phi لا يمكن أن يمد النبات بالفوسفور P؛ وبذا لا يمكنه أن يُعضد أو يحل محل الـ Pi كمغذٍ بأى قدر كان. كذلك فإن الـ Phi ليس له أى تأثير مفيد على نمو النباتات السليمة غير المصابة بالأمراض؛ سواء استعمل منفردًا أو مع الـ Pi بنسب مختلفة أو معدلات مختلفة. هذا.. ولا يكون تأثير الـ Phi على النباتات ثابتًا ومنتظمًا، ولكنه يعتمد — بقوة — على وضع الـ Pi بالنباتات. ويكون التأثير الضار للـ Phi واضحًا — فقط — فى حالات نقص الفوسفور، ويزداد هذا التأثير الضار للـ Phi مع زيادة نقص الفوسفور عن المستوى الذى يتسبب فى خفض أقصى نمو نباتى ممكن بمقدار ١٠٪ —٢٠٪، وحتى حالات النقص الشديد. وفى الحالات القليلة التى وجد فيها أن الـ Phi يُحسِّن من النمو النباتى فإن الأغلب الأعم أن مرد ذلك التأثير كان إلى مكافحته لإصابات مرضية، أو بسبب تحول جزء من الـ Phi بالأكسدة بفعل كائنات التربة إلى Pi، إلاّ أن هذا التأثير الأخير لا يكون كفؤًا فى مد النباتات باحتياجاتها من الفوسفور (Thao & Yamakawa ٢٠٠٩).

وعلى الرغم من أن جذور وأوراق النباتات يمكنها امتصاص حامض الفوسفورس، فإنها لا تستفيد منه كمصدر للفوسفور كما أسلفنا؛ نظرًا لبقائه ثابتًا فى النبات على تلك الصورة. كذلك فإن مركبات حامض الفوسفورس تتحلل فى التربة إلى صور فوسفورية ميسرة للامتصاص، إلا أن تلك العملية تتم ببطء شديد لا يمكن معها الاعتماد على تلك المركبات كمصدر سمادى.

وتجدر الإشارة إلى أن الفوسفيت phosphite — الذى كثيرًا ما يسوق على أنه مغذٍ نباتى ومصدر متميز للفوسفور — لا يفيد إطلاقًا فى هذا الشأن، لا عن طريق إضافته إلى التربة ولا عن طريق رش الأوراق؛ بل إنه.. وعلى العكس — يضعف النمو النباتى عند

نقص الفوسفات، وذلك كما وجد من دراسة أجريت على السبانخ (Thao وآخرون ٢٠٠٨).

يُنشِّط أيون الفوسفيت الجهاز الدفاعى النباتى ضد الإصابات الفطرية، وكانت بداية اكتشاف هذا الأمر مع فطر الفيتوفثورا *phytophthora* مسبب مرض الندوة المتأخرة. وحاليًا .. تلعب مركبات حامض الفوسفورس (الـ phosphite، والـ phosphonites) دورًا هامًّا كمواد فعّالة فى مقاومة الفطريات وبخاصة من رتبة Oomycota. وقد بدأ الأمر بإدخال المبيدين الفطريين أليت Aliette، وفوستيل ألومنيوم Fosetyl-Al وتلاهم ظهور عدة مبيدات فطرية بتفاعلات بسيطة يتحد فيها أيون الفوسفونيت مع أى من البوتاسيوم أو الصوديوم أو الألومنيوم، وتتضمن قائمة المبيدات التجارية أسماء مثل ProPhyt، و Phostrol، و Phosguard .

ومن أمثلة الحالات التى أدت فيها المعاملة بأملاح الفوسفيت إلى حث تطوير مقاومة جهازية فى النباتات ضد بعض الأمراض، ما يلى:

- وجد أن إضافة حامض الفوسفونيك مع مياه الرى بتركيز ٤ جم من المادة الفعالة/ لتر وفرت مكافحة جيدة للفطر *Bremia lactucae* مسبب مرض البياض الزغبى فى الخس استمرت لمدة ١٤ يومًا على الأقل (Wicks وآخرون ١٩٩٤).

- أعطت معاملة أوراق القلقاس بحامض الفوسفورس phosphorous acid بتركيز ١٤ مل/لتر مكافحة ممتازة للفحة الأوراق التى يسببها الفطر *Phytophthora colacasiae* (Semisi وآخرون ١٩٩٨).

- أدى رش نباتات البطاطس بحامض الفوسفونيك إلى خفض إصابة الدرنات بالفطر *Phytophthora infestans* — مسبب مرض الندوة المتأخرة — بشدة، وقد كان كافيًا — لهذا الغرض — الرش بالحامض بمعدل ٤ كجم للهكتار (١,٧ كجم للفدان) مرة واحدة فى منتصف موسم النمو أو قرب نهايته لحماية الدرنات من الإصابة بالفطر فى المخازن (Cooke & Little ٢٠٠٢).

• أفاد رش النموات الخضرية للبطاطس قبل الحصاد بحامض الفوسفورس phosphorous acid فى خفض شدة الإصابة فى الدرنات بعد الحصاد بكل من الفطرين *Phytophthora infestans* (مسبب مرض الندوة المتأخرة)، و *P. erythroseptica* (مسبب مرض العفن الوردى pink rot)، إلاّ أن المعاملة لم تكن مؤثرة فى الفطر *Pythium ultimum*، علمًا بأنه تمت عدوى الدرنات بعد الحصاد بكل من الفطريات الثلاثة (Johnson وآخرون ٢٠٠٤).

• أدى سقى الكرنب بعد يوم واحد من الشتل بمبيد الفوسفونيت الفطرى phosphonate fungicide باسم AG3 إلى الحد – بشدة – من إصابته بمرض الجذر الصولجانى الذى يسببه الفطر *Plasmodiophora brassicae* (Abbasi & Lazarovits ٢٠٠٦أ).

• أدى نقع بذور الخيار فى محلول فوسفونيت لمدة ١٠ دقائق إلى حمايتها وحماية البادرات بعد الإنبات من الإصابة بعدة أنواع من الفطر *Pythium*، منها: *P. aphanidermatum*، و *P. ultimum*، و *P. irregulare*، وذلك بنسبة ٨٠٪، واستمر تأثير المعاملة حتى مع تخزين البذور لمدة وصلت إلى ١٨ شهرًا قبل زراعتها. وبعد ستة أسابيع من الزراعة كانت نسبة النباتات المتبقية ٦٣٪ فى معاملة الفوسفونيت مقارنة بنسبة ١٨٪ فى الكنترول (Abbasi & Lazarovits ٢٠٠٦ب).

• أدى استخدام المبيد FNX-100 المحتوى على الفوسفونيت phosphonate إلى مكافحة مرض عفن التاج الفيتوفثورى فى الكوسة والقرع العسلى بصورة جوهرية، وكان أفضل استخدام للمبيد عن طريق "سقى" النباتات فى الحقل، وليس بطريق الرش على النموات الخضرية (Yandoc-Ables وآخرون ٢٠٠٧).

أدى رش نباتات البطاطس أسبوعيًا بأىٍّ من خمسة أنواع من الفوسفونيت phosphonates، هى:

Dipotassium phosphonate-dipotassium phosphate

Potassium phosphite

Mono and dipotossium phosphorus acid

Mono- and dibasic sodium, potassium and ammonium phosphites

Aluminum tris O-ethyl phosphonate

أدى إلى خفض نسبة إصابة الدرنات بالفطر *Phytopthora infestans* — نسبيًّا — عند الحصاد مقارنة بالإصابة عند معاملة الرش بالمبيد chlorathalonil، وكان هذا التأثير واضحًا — خاصة — بعد شهرين من تخزين الدرنات (Mayton وآخرون ٢٠٠٨).

أى إن أى INA

كان المركب 2,6-dichloroisonictonic acid مع الـ methyl ester الخاص به (يعرفان معًا باسم INA) هما أول المركبات الكيميائية المصنعة التى أظهرت قدرة على إحداث استجابات دفاعية فى النباتات ضد المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية الرئيسية.

وأعقب ذلك ظهور مركب آخر محضر صناعيًّا هو acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: BTH، وهو موضوع العنوان التالى) كان أوسع تأثيرًا من INA فى حث تكوين مقاومة جهازية ضد مدى واسع من المسببات المرضية فى النباتات. وعلى خلاف الـ INA- الذى لم تكن النباتات ذات قدرة عالية على تحمله — فإن النباتات أظهرت قدرة عالية على تحمل الـ BTH. ولذا.. تم إدخال هذا المركب فى الزراعة كمنشط نباتى تحت الأسماء التجارية Bion، و Actigard، و Boost (Beckers & Corath ٢٠٠٧).

مشتقات الـبى تـى إتش BTH، والـأى إس إم ASM

اكتشفت مجموعتين من المركبات الكيميائية التى يمكنها محاكاة النشاط البيولوجى الذى يحدث خلال تكوين المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات بواسطة المسببات المرضية المحدثة للتحللات necrogenic pathogens، وهما:

١-الـ 2,6,dichloro isonicotinic acid (اختصارًا: INA) ومشتقاته وقد أسلفنا الإشارة إليه، وهو يتشابه فى تركيبه البنائى مع تركيب حامض السلسيلك (شكل ٧-١).

٢- مشتقات الـ benzo{1,2,3}thiadiazole (اختصارًا: BTH) وأهمها S-methylbenzo{1,2,3}thiadiazole-7-carbothiate الذى يعرف اختصارًا بالاسم acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM، وتجاوزًا: BTH) (شكل ٧-١)، والذى حُضِّرت منه أول المركبات التجارية Bion، و Actigard، وBoost.

هذه المركبات ليس لها أى تأثير مضاد للميكروبات فى البيئات الصناعية، ولكنها تُنشِّط مقاومة ضد مدى واسع من المسببات المرضية، مماثلة لما تحدثه المستحثات البيولوجية عندما تتسبب فى المقاومة الجهازية المستحثة. وعلى المستوى الجزيئى، فإن هذه المركبات الكيميائية تستحث نفس الجينات التى تُستحث فى حالة المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة المستحثات البيولوجية. هذا علمًا بأن كلا المركبين يعملان كمشابهات فعَّالة لحامض السلسيلك فى مسارات المقاومة الجهازية المستحثة.

O SCH3 S N N ASM acibenzolar-S-methyl

O OH Cl N Cl INA 2,6-dichloro isonicotinic acid

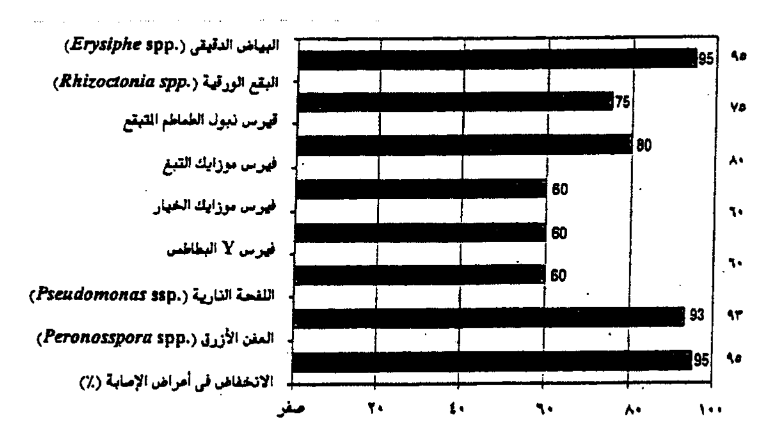
O OH OH SA salicylic acid

شكل (٧-١): المنشطات الكيميائية للمقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات، علمًا بأن الـ ASM يشتق من benzothiadiazole (وهو الذى يعرف اختصارًا باسم BTH)، وأن حامض السلسيلك هو مركب يتواجد طبيعيًا فى النباتات.

يُنَشِّط المركب التجارى Bion المقاومة النباتية فى عديد من المحاصيل ضد عديد من الأمراض وبعض الآفات، ويستمر تأثيره لفترة، كما يكون أشد وضوحًا فى ذوات الفلقة الواحدة حيث يدوم تأثيره فيها لفترة طويلة عما فى ذوات الفلقتين. ولقد نجح استعماله — على سبيل المثال — فى مكافحة الذبابة البيضاء. ينتقل الـ Bion جهازيًا

فى النبات ويمكن أن يأخذ مكان حامض السلسيلك فى المسار العادى لحث المقاومة الجهازية، ويستحث نفس المدى من المقاومات.

إن من أبرز سمات المقاومة المستحثة بواسطة ASM (أو BTH) أنها تبقى فعالة لمدة طويلة، بينما لا تدوم فاعلية معظم المبيدات لأكثر من أسبوع أو أسبوعين، كما أنها تكسب النباتات مقاومة ضد مدى واسع من المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية والفيروسية (شكل ٧-٢). وتجدر الإشارة إلى الحماية التى توفرها تلك الكيماويات من الإصابة بالـ peronospora blue mold فى التبغ وهى المكافحة التى لا تتحقق بأى من المبيدات، فضلاً عن تطوير الفطر المسبب للمرض لمقاومة مضادة لعديد من المبيدات المؤثرة (Oostendorp وآخرون ٢٠٠١، و Louws وآخرون ٢٠٠١).



شكل (٧-٢): تنشيط المقاومة الجهازية المستحثة فى التبغ ضد مدى واسع من المسببات المرضية بالمعاملة بالـ **Bion** أو الـ **Actigard** بمعدل ١٢-٣٧ جم من المادة الفعالة **acibenzolalar-S-methyl** للهكتار (٥-١٥ جم للفدان) (عن **Oostendorp** وآخرين ٢٠٠١).

وتجدر الإشارة إلى أن المقاومة التى توفرها المعاملة بالـ ASM ضد مسبب مرضى معين فى عائل ما لا تعنى أنه يمكن توفيرها تلقائيًّا فى عوائل أخرى؛ فالأمر يتوقف — كذلك — على العائل (عن Oostendorp وآخرين ٢٠٠١).

يتوفر المركب الحاث للمقاومة الجهازية فى النباتات acibenzolar-S-methyl تحت الاسمين التجاريين Actigard (فى الولايات المتحدة)، و Bion (فى أوروبا) وكلاهما من إنتاج سنجنتا، وقد استخدما فى دراسات عديدة نذكر منها ما يلى:

• أدى رش نباتات الطماطم بالمركب المخلق benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid methyl ester (اختصارًا: BTH) إلى إكسابها مقاومة ضد الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Benhamou & Bélanger ١٩٩٨).

• أدت معاملة نباتات الخيار بأى من الـ acibenzolar-S-methyl أو حامض السلسيلك إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Cladosporium cucumerinum* مسبب مرض الجرب، مع تراكم الشيتينيز جهازيًا فى حالة المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl، وتراكمه فى الأوراق المعاملة — فقط — فى حالة المعاملة بحامض السلسيلك. كذلك تراكم الشيتينيز استجابة للعدوى بالفطر، وحدث التراكم بصورة أسرع فى النباتات التى كانت قد سبقت معاملتها بالـ acibenzolar-S-methyl عن تلك التى كانت قد سبقت معاملتها بحامض السلسيلك أو بالماء. ويعنى ذلك أن المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl تعطى إشارة لحث تطوير مقاومة جهازية فى النبات، بينما تستحث المعاملة بحامض السلسيلك تطوير المقاومة الموضعية فقط (Narusaka وآخرون ١٩٩٩).

• أظهرت الدراسات أن معاملة الطماطم بالمركب acibebzolar-S-methyl يستحث فيها مقاومة جهازية ضد كل من البكتيريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicotoria* مسبب مرض التبقع البكتيرى، والبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية bacterial speck، وكانت المكافحة المتحصل عليها مماثلة للمكافحة التى يوفرها برنامج قياسى للرش بالمبيدات النحاسية أو أفضل منها (Louws وآخرون ٢٠٠١).

• أدت معاملة الفلفل بالتحضير التجارى المنشط للنمو Actigard الذى يحتوى على المركب acibenzolar-S-methyl إلى حمايتها من الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesticatoria* المسببة لمرض البقع البكتيرية. وتحت ظروف الحقل.. أدت المعاملة بالـ ABM كل أسبوعين إلى مكافحة المرض بدرجة مماثلة للمكافحة التى تتحقق باستعمال النحاس مع المانيب (Romero وآخرون ٢٠٠١).

توفر المعاملة بالـ Bion بمعدل ٣٠ جم مادة فعالة للهكتار (١٢,٥ جم مادة فعالة/فدان) حماية للقمح ضد الإصابة بالبياض الدقيقى لمدة ١٠ أسابيع، ولكن مع ضرورة إجراء المعاملة قبل حدوث أية إصابة، لأنها لا تؤثر فى الإصابة الموجودة بالفعل. وعلى الرغم من أن المعاملة بخليط من المبيدين propiconazole، و fenpropidin تعطى مكافحة أفضل فى البداية عن المعاملة بالـ Bion، فإن معاملة الـ Bion تبقى فعالة لفترة أطول، كما أن المعاملة المشتركة بالـ Bion مع تركيز منخفض من أحد المبيدات الفطرية يعطى أفضل النتائج (Oostendorp وآخرون ٢٠٠١).

• أحدث رش نباتات القنبيط بالمركب acibenzolar بتركيز ٢٠ جزء فى المليون قبل الإصابة بالفطر *Peronospora parasitica* إلى حث تكوين مقاومة جهازية ضد الفطر انتقلت إلى العقد التى توجد أعلى وأسفل الورقة المعاملة، واستمرت فاعلية المقاومة الجهازية لمدة ٢٨ يومًا (Sharma ٢٠٠٢).

• تؤدى معاملة الفلفل بالمنشط النباتى Actigard الذى يحتوى على المركب Acibenzolar-S-methyl إلى حماية النباتات من الإصابة بالفطر *Phytophthora capsici* مسبب مرض لفحة فيتوفثورا (Matheron & Porchas ٢٠٠٢).

• أدت معاملة الطماطم بمنشط النمو Actigard إلى تقليل شدة إصابتها بالأمراض بما فى ذلك خفض أعراض إصابات الثمار بالبقع البكتيرية والأنثراكنوز، مع زيادة محصول الثمار الصالحة للتسويق (Abbasi وآخرون ٢٠٠٢).

• أدى رش نباتات الفلفل أربع مرات بالـ Actigard بتركيز ٧٥ ميكروجرام/مل إلى الحد من إصابتها بالفطر *Phytophthora capsici* مسبب مرض عفن الجذر والتاج الفيتوفثورى بدرجة وصلت إلى ٩٧٪ (Matheron & Porchas ٢٠٠٢).

• أحدثت المعاملة المتكررة بالـ acibenzolar-S-methyl (٦–٧ مرات كل ٨–١٢ يومًا) بتركيز ٣٠٠ ميكرومول مقاومة جهازية فى الفلفل ضد الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas vesicatoria* مسبب مرض البقع البكتيرية (Buonaurio وآخرون ٢٠٠٢).

• أدت معاملة التربة أو بذور الفاصوليا بالمركب acibenzolar-S-methyl (وهو: benzo(1,2,3)thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl ester) بمعدل ١ مجم/كجم إلى حماية الفاصوليا من الإصابة بالفطر *Colletotrichum lindemuthianum* مسبب مرض الأنثراكنوز، وذلك فى كل من الأصناف القابلة للإصابة بالفطر والمتوسطة المقاومة (Bigirimana & Hofte ٢٠٠٢).

• تفيد المعاملة بأى من الـ acibenzolar-S-methyl أو الشيتوسان chitosan، أو الـ fosetyl-Al فى مكافحة الفطر *Phytophthora cactorum* مسبب مرض عفن التاج فى الفراولة (Eikemo وآخرون ٢٠٠٣).

• تؤدى معاملة نباتات الفلفل الحاملة لجين المقاومة الرأسية (R) للبكتيريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* – مسبب مرض البقع البكتيرية – بمنشط الجهاز الدفاعى acibenzolar-S-methyl قبل حقنها بالبكتيريا المرضة إلى تأخير حدوث أى تغيرات طفرية فى السلالة البكتيرية بسبب صِغَر حجم عشيرة المسبب المرضى؛ بما يعنى زيادة فترة بقاء جينات المقاومة الرأسية الرئيسية فعالة (Romero & Ritchie ٢٠٠٤).

• أدت معاملة نباتات الطماطم بالمركب Acibenzolar-S-methyl (المنتج التجارى Actigard 50 WG) إلى حمايتها من الإصابة ببكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearum* تحت ظروف العدوى بها بتركيز منخفض (Hacisalihoglu وآخرون ٢٠٠٧).

• أدت معاملة نباتات الكنتالوب بأى من: acibenzolar-S-methyl، أو potassium silicate، أو salicylic acid إلى حثها إلى تطوير مقاومة جهازية ظهرت على صورة زيادة فى نشاط إنزيمات الشيتينيز chitinase، والبيروكسديز peroxidase، كما كانت أمراض ما بعد الحصاد أقل جوهريًّا مما فى ثمار نباتات الكنترول (McConchie وآخرون ٢٠٠٧).

• أدى رش أوراق الطماطم بأى من منشط النمو acibenzolar-S-methyl (المركب التجارى Bion) بتركيز ٠,٢ جم/لتر، أو بمعلق الشيتوسان المتحصل عليه من ميسيليوم الفطر *Crinipellis pemiciosa* إلى حمايتها – بدرجة عالية – من الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas vesicatoria* مسبب مرض البقع الورقية. وقد صاحبت المقاومة المستحثة للبكتيريا المرضة زيادة معنوية فى نشاط كل من البيروكسيديز والبولى فينول أوكسيديز والشيتينيز والفينيل آلانين أمونيا لاييز. وعند عدوى النباتات بالبكتيريا المرضة ازداد – كذلك – ترسيب اللجنين (Cavalcanti وآخرون ٢٠٠٧).

• أعطت المعاملة بنشط النمو النباتى acibenzolar-S-methyl – وحدها – خفضًا قدره ٥٠٪ فى شدة الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* مسبب مرض لفحة أوراق زانثومونس فى البصل، كما أعطت المعاملة الأسبوعية أو كل أسبوعين بالبكتيروفاجات bacteriophages خفضًا فى شدة الإصابة بالمرض بلغ ٢٦٪–٥٠٪، وكان ذلك مماثلاً للمكافحة بالرش الأسبوعى بأيدروكسيد النحاس مع المانكوزب. وبذا.. يُعتقد بأن المكافحة المشتركة بكل من الـ acibenzolar-S-methyl والبكتيروفاجات يمكن أن تقدم بديلاً جيدًا لمكافحة المرض فى البصل عوضًا عن المعاملة بالمركبات النحاسية مع مركبات الـ ethylenebisdithiocarbamates (Lang وآخرون ٢٠٠٧).

• لم تكن لمعاملة نقع ثمار الكنتالوب – بعد الحصاد – فى محلول الـ BTH فائدة فى حمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium pallidoroseum* الذى يسبب عفنًا بالثمار، أو فى تحفيز أى نشاط إنزيمى مضاد للإصابة بالفطر، إلا أن إجراء المعاملة فى وقت مبكر من النمو النباتى قبل الإزهار أدى إلى حث تكوين استجابات دفاعية فى النبات تمثلت فى

زيادة لجننة الأنسجة النباتية وفى نشاط الإنزيمات ذات العلاقة بالنظام الدفاعى، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الشاهد (Gondim وآخرون ٢٠٠٨).

• أدت المعاملة المزدوجة بكل من *Pseudomonas fluorescens* والمنشط النباتى acibenzolar-S-methyl إلى تحقيق مقاومة جيدة للبكتيريا *Xanthomonas vesicatoria* pv. *vesicatoria* مسبب مرض التبقع البكتيرى فى الطماطم (Abo-Elyousr & El-Hendawy ٢٠٠٨).

• أحدثت المعاملة بالـ benzothiadiazole (اختصارًا: BTH) – منفردة أو مع مُنتج يحتوى على بكتيريا محيط جذرى منشطة للنمو – خفضًا واضحًا فى إصابة الطماطم بمرض النقط البكتيرية الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. كذلك أدت المعاملة بالـ BTH إلى ارتفاع فى مستويات الاستجابات التى تنظمها كلاً من حامض السلسيلك والإثيلين. وبالمقارنة.. فإن المعاملة بالمنتج البكتيرى منفردًا لم تُعط مكافحة جيدة مماثلة لتلك التى أعطتها المعاملة بالـ BTH منفردًا. هذا.. ولم يلاحظ وجود أى تضاد بين المنشطين حيث كانت مقاومة المرض عند المعاملة بهما معًا مماثلة للمعاملة بالـ BTH فقط أو أفضل منها (Herman وآخرون ٢٠٠٨).

• أحدثت معاملة الكنتالوب بالـ Acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) زيادة كبيرة فى تعبير الجين 1a الواسم للمقاومة الجهازية المكتسبة. وعندما أجريت المعاملة قبل حقن النباتات بفيروس اصفرار القرعيات المخضِّر cucurbit chlorotic yellows virus، فإنها قللت من شدة الأعراض التى يحدثها الفيرس، ومن مستويات تراكم الفيرس فى النبات (Takeshita وآخرون ٢٠١٣).

• وفى البطاطس.. تأثر تطور النيماتودا جوهريًا فى النباتات التى رُشّت بالـ cis-jasmone، وقل اختراق النيماتودا للجذور بنسبة ٩٠,١٪، و ٨١٪ فى النباتات التى عُوملت بالـ benzothiadiazole (اختصارًا: BTH) والـ methyl jasmonate، على

التوالى، إلا أن معامل التكاثر لم ينخفض جوهريًّا إلاّ عندما كانت المعاملة بالـ BTH (Vieira dos Santos & Curtis ٢٠١٣).

الـ بى أى بى أى BABA

مدى التأثير

أظهر الحامض الأمينى غير البروتينى β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) قدرة على إكساب النباتات مقاومة ضد عديد من مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية، بالإضافة إلى عديد من الأنواع النيماتودية والحشرية، والظروف البيئية القاسية، مثل الجفاف والملوحة.

ولقد كانت بداية اكتشاف تأثيره فى عام ١٩٦٣ عندما عرف دوره فى حماية البسلة من الإصابة بالفطر *Aphanomyces euteuches* لدى معاملتها به بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون قبل تعرضها للإصابة بالفطر (Jakab وآخرون ٢٠٠١).

وبتتابع دراسة تأثير رش النموات الخضرية بالـ BABA وجد أنه يؤدى إلى حماية نباتات العنب — بكفاءة — من الإصابة بالفطر *Plasmopara viticola* مسبب مرض البياض الزغبى. كما ثبطت المعاملة بالـ BABA أعراض الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس والطماطم، وأدت المعاملة إلى حماية نباتات الكنتالوب من الإصابة بالفطر *Monosprascus cannonballus* مسبب مرض الذبول الفجائى (Beckers & Conrath ٢٠٠٧).

هذا.. ولم يعرف أبدًا أن للـ BABA تأثير ضار مباشر على أى من المسببات المرضية، إلاّ أنه من المؤكد أن ينشط المقاومة الجهازية فى النباتات لدى معاملتها به (Jakab وآخرون ٢٠٠١).

على الرغم من ندرة تواجد الحامض الأمينى غير البروتينى BABA فى النباتات، فإنه يستحث مقاومة جهازية قوية فى عدد كبير من النباتات ضد عديد من المسببات المرضية (جدول ٧-١).

جدول (٧-١): أمثلة لحالات مقاومة جهازية أحدثتها المعاملة بالـ **DL-β-aminobutyric acid** (عن **Jakab** وآخرين ٢٠٠١، و **Cohen** ٢٠٠٢).

النبات	المسبب المرضي
البطاطس	*Phytophthora infestans*
	Alternaria solani
	Fusarium sambucinum
الطماطم	*Phytophthora infestans*
	Botrytis cinerea
	Xanthomonas vesicatoria
	Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*
	Clavibacter michiganesis
	Meloidogyne javanica
الفلفل	*Colletorichum coccodes*
	Phytophthora capsici
الخيار	*Pseudoperonospora cubensis*
	Sphaerotheca fuliginea
	Colletorichum lagenarium
	Pseudomonas lachrymans
	Meloidogyne javanica
	Botrytis cinerea
الكنتالوب	*Pseudoperonospora cubensis*
	Fusarium oxysporum f. sp. *melonis*
	Monosporascus cannonballus
البطيخ	*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*
القنبيط	*Peronospora parasitica*
	Pseudomonas marginalis
	Pseudomonas flurescens
	Erwinia carotovora subsp. *carotovora*
البروكولي وكرنب أبو ركبة	*Alternaria brassicicola*
الخس	*Bremia lactucae*

طريقة المعاملة

يمكن المعاملة بالـ β-aminobutyric acid (الـ BABA) عن طريق رش النموات الخضرية، و"سقيًا" للجذور، وبنقع البذور فى محلول منه، كما يمكن إضافته كمسحوق للتربة، وحقنًا فى السيقان، وسكبًا لمحلولة على الجذور المكشوفة، والسيقان المقطوعة.

يتوقف التركيز الفعال للـ BABA — الذى يعطى حوالى ٩٠٪ مقاومة — على كل من العائل والمسبب المرضى وطريقة المعاملة. وعمومًا تلزم تركيزات عالية (٢٥٠–١٠٠٠ ميكروجرام/مل) عند رش الأوراق عما فى حالة سقى التربة (حيث يكفى تركيز ٢٠–١٠٠ ميكروجرام/مل)؛ ربما بسبب الكفاءة العالية للجذور فى امتصاص المركب. هذا بينما يلزم استعمال تركيزات تتراوح بين ٠,٥٪، و١٪ عند نقع البذور.

ويتوقف طول مدة فاعلية المركب فى حث المقاومة الجهازية على كل من العائل والمسبب المرضى، وهى تتراوح — عادة — بين نحو ١٠ أيام إلى ٣٠ يومًا.

وعلى خلاف منشطات النبات الأخرى (مثل حامض السلسيلك، والـ INA، والـ BTH) التى لا تكسب النباتات المقاومة إلاّ إذا كانت المعاملة بها قبل التعرض للإصابة، فإن الـ BABA يكون فعالاً إذا أجريت المعاملة قبل أو بعد التعرض للإصابة.

ينتقل الـ BABA فى النبات عن طريق الجهاز الوعائى؛ فهو ينتقل مع تيار ماء النتح إذا ما عوملت به الجذور، وعبر اللحاء مع الغذاء المجهز إذا ما عُوملت به الأوراق (Cohen ٢٠٠٢).

مزيد من الأمثلة

نقدم — فيما يلى — مزيدًا من الأمثلة عن الدراسات التى استخدم فيها الـ BABA فى مكافحة أمراض الخضر:

- تبين من دراسات Cohen (١٩٩٤) على الطماطم أن رش النباتات مرة واحدة بالحامض الأمينى غير البروتينى DL-3-amino-n-butanoic acid يكسبها مقاومة

جهازية ضد الفطر *Phytophthora infestans* – مسبب مرض الندوة المتأخرة – بدرجة مكافحة تزيد على ٩٥٪. وقد جرب الحامض مع ٧ عزلات من الفطر و٧ أصناف من الطماطم تتباين فى درجة قابليتها للإصابة بالفطر وأعطى معها نفس النتيجة. كما جُرب استعمال أحماض أمينية أخرى غير بروتينية، ولكنها كانت إما أقل كفاءة من هذا الحامض الأمينى، وإما عديمة الكفاءة فى مكافحة الفطر.

• وقد أظهرت دراسة لاحقة (Cohen & Gisi ١٩٩٤) أن DL-3-amino-n-butanoic acid, β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABa) ينبغى أن يكون متواجدًا فى النسيج النباتى لكى يكون هذا النسيج مقاومًا للفطر *P. infestans*، وتبين أن المركب يتحرك فى النبات من أسفل إلى أعلى نحو القمة Acropetally، فهو ينتقل من الورقة المعاملة إلى الأوراق التى تعلوها، وليس إلى الأوراق المجاورة لها، كما ينتقل – عند إضافته عن طريق الجذور – إلى أعلى نحو الأوراق، وهى التى تكتسب – بدورها – أعلى درجات المقاومة.

• أدت معاملة نباتات الفلفل بالمركب DL-β-amino-butyric acid بتركيز ١٠٠٠ ميكروجرام/مل إلى حمايتها بصورة شبه كاملة من الإصابة بالفطر *Colletorichum coccodes* مسبب مرض الأنثراكنوز، سواء أكانت المعاملة عن طريق التربة، أم رشًا على الأوراق. وعندما أجريت المعاملة عن طريق التربة لزم مرور خمسة أيام قبل اكتساب النباتات للمقاومة ضد الفطر، واستمرت مقاومة النباتات لمدة ١٥ يومًا. أما عندما عوملت النباتات بالمركب عن طريق رش الأوراق السفلى فإن ذلك أدى إلى حماية الأوراق الأعلى منها من الإصابة بالفطر؛ مما يدل على أن المعاملة أدت إلى إكساب النباتات مقاومة جهازية ضد الفطر (Hong وآخرون ١٩٩٩).

• أدت معاملة الخس بالرش بأى من K_2HPO_3 (فى صورة التحضير التجارى Phytogard) بتركيز ٤٠,٦ جزءًا فى المليون، أو بالـ BABA بتركيز ١٠ مللى مول إلى مكافحة البياض الزغبى بصورة تامة وجهازية لمدة ١٥ يومًا (Pajot وآخرون ٢٠٠١).

• أدى رش الفلفل بالـ DL-β-amino-n-butyric acid بتركيز جزء واحد فى المليون إلى حث تكوين مقاومة تامة ضد الإصابة بالفطر *Phytophthora capsici*، وذلك فى خلال ثلاثة أيام من المعاملة بالمركب، وقد استمرت فاعلية المقاومة المستحثة لمدة تزيد عن ٢٠ يومًا (Xie وآخرون ٢٠٠٢).

• أدى رش بادرات القنبيط وهى بعمر ٧ أيام مرة واحدة بالمركب DL-β-amino-n-butanoic acid (اختصارًا: BABA) إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Peronospora parasitica* — مسبب مرض البياض الزغبى — لمدة لا تقل عن ١٥ يومًا. وقد كانت المقاومة المستحثة مصاحبة بتكوين بقع متحللة مماثلة لما يحدث فى حالة فرط الحساسية (Silué وآخرون ٢٠٠٢).

• يعد الـ BABA شديد الفاعلية فى إكساب كل من الطماطم والبطاطس مقاومة ضد الفطر *Phytopthora infestans*؛ ففى الطماطم أعطت رشتان بينهما ١٤ يومًا مكافحة بلغت ٨٣٪، بينما أعطت نفس المعاملة فى البطاطس مكافحة بلغت ٦٠٪، وحُصل على أعلى مكافحة فى البطاطس (٦٤,٥٪–٧٧,٧٪) بعد أربع رشات بين الرشة والأخرى سبعة أيام وبمعدل ٤٨٥ جم للفدان.

• كما أعطت المعاملة بالـ BABA بتركيز ١ مجم/مل مع ماء الرى بالتنقيط كل أسبوعين مكافحة جيدة للفطر *Monosporascus cannonballus* مسبب مرض الذبول الفجائى فى الكنتالوب (Cohen ٢٠٠٢).

• يتفاعل الشدّ الملحى مع المعاملة بتركيز منخفض — نسبيًّا — (١٢٥ ميكروجرام/لتر) من الـ DL-β-amino-butyric acid فى زيادة مقاومة الطماطم للبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية، وكان ذلك التفاعل مصاحبًا بزيادة فى كل من إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 ونشاط الـ guaiacol peroxidase (Baysal وآخرون ٢٠٠٧).



الفصل الثامن

المكافحة الحيوية

تشتمل وسائل المكافحة البيولوجية — أو الحيوية — لأمراض النموات النباتية الخضرية والثمرية على ثلاث آليات، هى:

١–التثبيط الميكروبى للإصابة.

٢–التثبيط الميكروبى لتجرثم المسبب المرضى.

٣–التثبيط الميكروبى لمعيشة وبقاء المسبب المرضى (Fokkema ١٩٩٣).

مجموعات الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية

إن من أهم الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية، ما يلى (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

- الفطريات

Trichoderma spp.

Aspergillus niger

A. flavus

Pythium nannum

Trichothecium spp.

Paecilomyces lilacinus

Penicillium spp.

Myrothecium spp.

Corticium spp.

Pythium oligandrum

Peniophora gigantea

Candida olephila

Sporidesmium sclerotivorum

Coniothyrium minitans

Ampelomyces quisqualis

Chaetomium spp.

Cloadosporium spp.

Fusarium semitectum

Tuberculina spp.

Phialophora spp.

Catenaria spp.

Verticillium spp.

• البكتيريا

Pseudomonas spp.

Agrobacterium radiobactor

Bacillus spp.

• الأكتينوميسيتات

Streptomyces griseus

S. rimosum

آليات المكافحة الحيوية

إن آليات المكافحة الحيوية تتضمن ما يلى:

١- التطفل الفوقى hyperparasitism

نجد فى حالة التطفل الفوقى أن المسبب المرضى (المتطفل على النبات) يُهاجَم

مباشرة بواسطة كائن المكافحة الحيوية؛ مما يؤدي إلى قتله أو قتل أعضائه التكاثرية التى يمكن أن تصيب النباتات.

ويعرف أربعة أقسام من المتطفلات الفوقية، كما يلى:

أ- متطفلات بكتيرية إجبارية.. مثل البكتيريا *Pasteuria penetrans* التى تُعد متطفلاً إجباريًّا على نيماتودا تعقد الجذور.

ب- الفيروسات الفوقية hypoviruses.. مثل الفيرس الذى يُصيب الفطر *Cryphonectria parasitica* مسبب مرض لفحة الكستناء.

ج- الفطريات فوقية التطفل، مثل الفطر *Coniothyrium minitans* الذى يُهاجم الأجسام الحجرية، والفطر *Pythium oligandrum* الذى يُهاجم الغزل الفطرى الحىّ. كما يمكن للفطريات *Acremonium alternatum*، و *Acrodontium crateriforme*، و *Ampelomyces quisqualis*، و *Cladosporium oxysporum*، و *Gliocladium virens* وغيرها التطفل على فطريات البياض الدقيقى.

د- متطفلات فوقية فطرية أخرى تتطفل على النيماتودا المتطفلة على النبات خلال بعض مراحل دورة حياتها، مثل *Paecilomyces lilacinus*، و *Dactylela oviparasitica*.

٢- الافتراس predation

إن الكائنات الدقيقة المفترسة لا تكون متخصصة على مسببات مرضية بعينها، ولا تعطى نتائج فى المكافحة يمكن التنبؤ بها أو الاعتماد عليها؛ فهى تكون نشطة خاصة عند نقص مصادر غذائها وفى ظروف بيئية معينة. ومن أمثلتها بعض أنواع الترايكودرما Trichoderma التى تُنتج عدة إنزيمات تعمل على الجدر الخلوية للفطريات.

٣- التضاوية الحيوية Antibiosis

إن مضادات الحيوية هى سموم يمكنها – بتركيزات منخفضة – قتل كائنات دقيقة معينة أو تثبيط نشاطها؛ مما يحد من شدة الأمراض التى تحدثها (جدول ٨-١).

جدول (٨-١): أمثلة لبعض المضادات الحيوية التى تنتجها بعض الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية.

المضاد الحيوى	مصدره	المسبب المرضى الذى يتأثر به	المرض الذى تم مكافحته
2,4-diacetyl-phloroglucinol	*Pseudomonas fluorescens* F113	*Pythium spp.*	تساقط البادرات
Agrocin 84	*Agrobacterium radiobacter*	*Agrobacterium tumefaciens*	التثائل التاجى
Bacillomycin D	*Bacillus subtilis* AU195	*Aspergillus flavus*	التلوث بالأفلاتوكسين
Bacillomycin, fengycin	*Bacillus amyloliquefaciens* FZB42	*Fusarium oxysporum*	الذبول
Xanthobaccin A	*Lysobacter sp. strain* SB-K88	*Aphanomyces cochlioides*	تساقط البادرات
Gliotoxin	*Trichoderma virens*	*Rhizoctonia solani*	أعفان الجذور
Herbicolin	*Pantoea agglomerans* C9-1	*Erwinia amylovora*	اللفحة النارية
Iturin A	*B. subtilis* QST713	*Botrytis cinerea* and *R. solani*	تساقط البادرات
Mycosubtilin	*B. subtilis* BBG100	*Pythium aphanidermatum*	تساقط البادرات
Phenazines	*P. fluorescens* 2-79 and 30-84	*Gaeumannomyces graminis var. tritici*	Take-all
Pyoluteorin, pyrrolnitrin	*P. fluorescens* Pf-5	*Pythium ultimum* and *R. solani*	تساقط البادرات
Pyrrolnitrin, pseudane	*Burkholderia cepacia*	*R. solani* and *Pyricularia oryzae*	تساقط البادرات وعصفة الأرز
Zwittermicin A	*Bacillus cereus* UW85	*Phytophthora medicaginis* and *P. aphanidermatum*	تساقط البادرات

٤- الإنزيمات المحللة lytic enzymes

تُفرز الكائنات الدقيقة نواتج أيضية يمكنها أن تتعارض مع نمو المسببات المرضية ونشاطها. وكثير من تلك الكائنات الدقيقة تفرز إنزيمات محللة يمكنها تحليل عديد من المركبات البوليمرية، مثل الشيتين، والبروتينات، والسليليلوز، ونصف السيليلوز، والدنا DNA. ويؤدى نشاط الإنزيمات المفرَزة إلى تثبيط أنشطة المسببات المرضية بصورة مباشرة.

ومن أمثلة ذلك، ما يلى:

أ- يُكافح الفطر *Sclerotium rolfsii* بالبكتيريا *Serratia marcescens* بواسطة إنزيم الشيتنينيز الذى تفرزه البكتيريا.

ب- يُسهم الإنزيم β-1,3-glucanase جوهريًا فى نشاط المكافحة الحيوية للسلالة C3 من البكتيريا *Lysobacter enzymogenes*.

كما أن الإنزيمات المحللة يمكن أن تقوم بدور غير مباشر فى الحد من الإصابات المرضية. فمثلاً.. من المعروف أن الـ oligosaccharides التى يُحصل عليها من الجدر الخلوية للفطريات تُعد مستحثات قوية للدفاع النباتى، كما وجد أن السلالة C3 من *Lysobacter enzymogenes* تستحث مقاومة فى النباتات.

٥- منتجات ميكروبية أيضية أخرى

من أمثلة المركبات الأيضية الأخرى التى تُفرزها بعض الكائنات الدقيقة، وتلعب دورًا فى المكافحة الحيوية سيانيد الأيدروجين السام لجميع الكائنات الدقيقة الهوائية التنفس، وهو يُفرَز بواسطة بعض أنواع البكتيرية الفلورسينتية من الجنس *Pseudomonas*، والتى تلعب دورًا فى تثبيط مسببات الأمراض الجذرية. ونجد أن السلالة CHAO من البكتيريا *P. fluorescens* تُنتج مضادات حيوية، و siderophores ، وسيانيد الأيدروجين. كما تفرز البكتيريا *Enterobacter cloacae* مركبات متطايرة — مثل الأمونيا — تُسهم فى تثبيط الفطر *Pythum ultimum* مسبب مرض تساقط البادرات.

٦- التنافس Competition

تُنافس بعض كائنات المكافحة الحيوية الدقيقة مسببات الأمراض على الغذاء؛ مما يحد من الإصابات المرضية، وخاصة الأمراض التى تُصاب فيها النباتات بمجرد ملامسة الغزل الفطرى لها — كما فى حالة الفطرين *Fusarium*، و *Rhizoctonia* — وليس بعد تكوين appressoria، و infection pegs. وقد تكون المنافسة على العناصر الدقيقة، والتى من أمثلتها الحديد، حيث تُفرز كثير من كائنات المكافحة الحيوية الدقيقة ما

يعرف بالـ siderophores تكون عالية القدرة على خلب الحديد إليها؛ مما يحد من توفر العنصر للكائنات المرضة. ومثال ذلك عديد من سلالات *P. fluorescens* التى تفيد فى مكافحة *Erwinia carotovora*.

٧- حث المقاومة فى العائل

تُستحث المقاومة فى النباتات بعديد من العوامل البيئية والكيميائية والبيولوجية. وقد وجد أن مسارات حث المقاومة تتنوع كما يلى:

أ- مقاومة جهازية مكتسبة (SAR).. وهى التى ينظمها حامض السلسيلك، الذى كثيرًا ما يُنتج فى النباتات عقب إصابتها بالمسببات المرضية، ويقود إلى التعبير الجينى لإنتاج البروتينات ذات الصلة بالتطفل المرضى، وهى التى تتضمن مجموعة من الإنزيمات التى قد تعمل مباشرة على تحليل الخلايا المهاجمة، أو تقوية محيط الجدر الخلوية لمقاومة الإصابة، أو تحث موت موضعى للخلايا.

ب- مقاومة جهازية مستحثة (ISR).. وهى التى ينظمها حامض الجاسمونك مع الإثيلين أو أيهما منفردًا. تظهر هذه المقاومة عقب الحقن ببعض بكتيريا المحيط الجذرى غير المرضة. ومن أمثلة هذه البكتيريا: السلالة 203-6 من *Bacillus pumilus* (التى تعمل من خلال إنتاجها لإنزيمات البيروكسيديز والشيتنيز والـ β-1,3-glucanase)، والسلالتان GB03 و IN937a من *B. subtilis* (اللتان تعملان من خلال إنتاجهما للـ 2,3-butanediol) والسلالتان WCS374 و WCS417 من *Pseudomonas fluorescens* والسلالتان WCS358 و BTP1 من *P. putida* (وهى التى تعمل جميعها من خلال إنتاجها للـ lipopolysaccharides)، والسلالة 90-166 من *Serratia marcescens* (من خلال إنتاجها للـ siderophores) (Pal & Gardener ٢٠٠٦).

وإلى جانب ما تقدم بيانه.. قد تشمل آليات المكافحة الحيوية: المنافسة على استعمار الموضع الملائم للاتصال بالنبات (niche)، والتعارض مع عوامل النشاط المرض فى المسبب المرضى (Punja & Utkhede ٢٠٠٣).

وللتفاصيل المتعلقة بالمكافحة الحيوية لأمراض مختلف المحاصيل الزراعية كلٍ على حدة.. يُراجع Gnanamanickam (٢٠٠٢). وفى ذلك المرجع (الكتاب) يتناول: Gnanamanickam وآخرون (٢٠٠٢) بالشرح الأسس العامة للمكافحة الحيوية، و Jacobsen (٢٠٠٢) المكافحة الحيوية لأمراض البطاطس، و Kokalis-Burelle (٢٠٠٢) المكافحة الحيوية لأمراض الطماطم. كما تناول Navi & Bandyopadhyay (٢٠٠٢) – بالتفصيل – موضوع المكافحة الحيوية للأمراض النباتية.

نوعيات المقاومة المستحثة بيولوجيًا

إن المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يمكن أن تحدث بفعل عوامل حيوية أو غير حيوية، ومن أهم المستحثات الحيوية: المسببات المرضية المحدثة للتحلل necrotizing pathogens، والكائنات الدقيقة غير المرضة non-pathogens، وبكتيريا المحيط الجذرى التى تستعمر الجذور.

فعند الإصابة بالفطريات التى تؤدى إلى موت وتحلل الخلايا فى موضع الإصابة (الإصابة بالـ necrotizing pathogens) تطور كثير من النباتات مقاومة ضد مجال واسع من المسببات المرضية فى أجزاء أخرى منها لم تتعرض أصلاً للإصابة. يعتمد هذا النوع من المقاومة على تراكم حامض السلسيلك، ويعرف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة systemic acquired resitance.

ويعرف نوع آخر من المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يحدث عند عدواها بسلالات معينة من بكتيريا المحيط الجذرى غير المرضة والمحفزة للنمو النباتى nonpathogenic rhizobacteria، يعرف باسم المقاومة الجهازية المستحثة induced systemic resistance. وهذا النوع الأخير من المقاومة الجهازية لا يتطلب لحدوثه حامض السلسيلك، ولكنه يعتمد على استجابات لكل من الهرمونين النباتيين: حامض الجاسمونك والإثيلين.

وتختلف المقاومة المستحثة المحلية localized induced resistance عن تلك

المستحثة الجهازية systemic induced resistance فى أن الأولى تبقى فيها المقاومة المستحثة محدودة فى موقع الإصابة كما فى حالة فرط الحساسية ضد فيرس موزايك التبغ فى التبغ، حيث يُعبِّر عن المقاومة المحلية المكتسبة فى حلقة من الخلايا تحيط بالبقعة التى يحدث فيها تفاعل فرط الحساسية. ويعد حامض السلسيلك ضروريًا لحث المقاومة المحلية، كما هو ضرورى لحث المقاومة الجهازية (Hammerschmidt وآخرون ٢٠٠١).

وتستحث بعض سلالات بكتيريا المحيط الجذرى تطوير مقاومة جهازية فى النباتات تعرف باسم rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (اختصارًا: ISR) مماثلة لتلك التى تستحثها المسببات المرضية والتى تعرف باسم pathogen-induced systemic acquired resistance (اختصارًا: SAR).

وقد وجد أن كلاً من الـ ISR والـ SAR يعملان مستقلين عن بعضهما البعض؛ الأمر الذى يمكن الاستفادة منه فى زيادة مستوى المقاومة النباتية ومداها (Pieterse وآخرون ٢٠٠١).

إن المقاومة الجهازية المستحثة لا تُخلق من العدم، فالنباتات تكون لديها القدرة على تطوير تلك المقاومة، ولكنها لا تظهر إلا عندما تُستحث على ذلك بمركب كيميائى، أو بكائن دقيق غير ممرض، أو بسلالة غير ممرضة من مسبب مرضى، أو بسلالة ممرضة من مسبب مرضى ولكن فى وجود تفاعل غير متوافق مع العائل، أو حتى بسلالة ممرضة من مسبب مرضى وفى وجود تفاعل متوافق مع العائل ولكن عند توفر ظروف بيئية غير مناسبة لتطور المرض.

لكن لا يشترط أن تكون المقاومة المستحثة جهازية، فهى قد تكون كذلك موضعية، والفرق بينهما أن الأخيرة تنقصها إشارة نقل المقاومة فى صورة جهازية (Van Loon وآخرون ١٩٩٨).

وقد توصل الباحثون فى الـ Boyce Thompson Institute إلى الآلية التى تحدث بها المقاومة الجهازية فى النباتات. إن حقيقة المقاومة الجهازية (والتى بمقتضاها يصبح النبات – الذى يُصاب فى موضع منه بأحد المسببات المرضية – مقاومًا لمسببات مرضية أخرى فى مواضع أخرى منه) كانت معروفة لفترة، لكن لم يكن يُعرف كيفية حدوث الإشارات التى تقود إلى المقاومة الجهازية. كذلك كان يُعرف منذ سنوات قليلة أن النبات بعد إصابته بأحد المسببات المرضية يُنتج هرمونًا يحارب به الأمراض هو حامض السلسيلك salicylic acid (اختصارًا SA) فى موقع الإصابة، الذى يُنشِّط جزءًا منه الدفاعات المحلية فى موضع الإصابة، بينما يتحول جزءًا آخر منه إلى methyl salicylate (اختصارًا MeSA)، الذى لا يعد نشطًا بيولوجيا؛ نظرًا لأنه لا يستحث الاستجابات المناعية.

والجديد فى الأمر توصل الباحثين إلى خطوات محددة تحدث بها المقاومة الجهازية، كما يلى:

١–بعد إصابة النبات بأحد مسببات الأمراض يُنتَج حامض السلسيلك فى موقع الإصابة. يتحول جزء من الحامض إلى MeSA بواسطة إنزيم يعرف باسم SA methyl transferase (اختصارًا: SAMT)، وفى الوقت ذاته يتحد جزء من حامض السلسيلك المتكون عند موقع الإصابة مع الـ salicylic acid-binding protein 2 (اختصارًا: SABP2). ولأن هذا الارتباط يوقف نشاط الـ SABP2، فإن الـ SABP2 لا يحول الـ MeSA المتراكم ثانية إلى SA كما يفعل فى الأجزاء الأخرى من النبات؛ وبالتالى .. يتراكم MeSA فى موقع الإصابة.

٢–يتحرك الـ MeSA المتراكم من موقع الإصابة بعيدًا إلى الأوراق غير المصابة خلال نسيج اللحاء.

٣–لدى وصول MeSA إلى مواقعه الجديدة فإنه يتحول بواسطة الـ SABP2 النشط إلى SA الذى يعطى إشارة البدء فى التفاعلات الدفاعية (National Sciene Foundation ٢٠٠٧ – الإنترنت).

الكائنات المحدثة للمقاومة الجهازية المستحثة بيولوجيًا

إن مستحثات المقاومة الجهازية فى النباتات تتباين كثيرًا من الفيروسات إلى آكلات الأعشاب، مرورًا بعديد من الأنواع الفطرية البكتيرية، وخاصة بكتيريا المحيط الجذرى.

ويعطى جدول (٨-٢) قائمة بأمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة.

وتشكل بكتيريا المحيط الجذرى أحد أهم فئات الكائنات الدقيقة الحاثة لتطوير تكوين المقاومة الجهازية فى النباتات، ويعطى جدول (٨-٣) عديدًا من الأمثلة على ذلك.

جدول (٨-٢): أمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

النبات	الميكروب المعامل به	المسبب المرضى المقاوم	الحالات التى تأكدت فيها المقاومة الجهازية المستحثة
الخيار	*Colletotrichum orbiculare*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
	F. oxysporum f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
	Pseudomonoas spp.	*Pythium aphanidermatum*	√
	Pseudomonas putida 89B-27	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
	Serratia marcescens 90-166	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
	Tobacco necrosis virus	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	√
الباذنجان	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* MT0062	*Verticillium dahliae*	–
البسلة	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium solani*	–
الفجل	*Pseudomonas* sp. WCS 374	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	√
	Pseudomonas sp. WCS 4172	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	√
البطاطا	Non-pathogenic *F. oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *batatas*	√

يتبع

تابع جدول (٨-٢).

النبات	الميكروب المعامل به	المسبب المرضى المقاوم	الحالات التى تأكدت فيها المقاومة الجهازية المستحثة
الطماطم	Avirulent *Fusarium* spp.	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*	–
	Avirulent *Verticillium albo-atrum*	*Verticillium dahliae*	–
	F. oxysporum f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	√
	Non-pathogenic *F. oxysporum MT0062*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	–
البطيخ	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	–
	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	–
	Helminthosporium carbonum	*F. oxysporum*	–

جدول (٨-٣): بعض أنواع سلالات بكتيريا المحيط الجذرى والأمراض والمسببات المرضية التى أحدثت مقاومة جهازية ضدها فى أنواع نباتية معينة (عن Van Loon وآخرين ١٩٩٨).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
الفاصوليا	*Pseudomonas aeruginosa* 7 NSK 2	*Botrytis cinerea* *Colletotrichum lindemuthianum*	Gray mold Anthracnose
الخيار	*Pseudomonas fluorescens* WCS 417	*Fusarium oxysoirum f. sp. dianthi*	Vascular wilt
	Pseudomonas aureofaciens 25-33	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens 28-9	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens 36-5	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas corrugate 13	*Pythium aphanidermatwn*	Crown rot
	Pseudomonas fluorescens C15	*Pythium aphanidermatwn*	Crown rot

يتبع

تابع جدول (٨-٣).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
	Pseudomonas fluorescens G 8-4	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida 34-13	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida 89 B-27	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Erwinia tracheiphila*	Bacterial wilt
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf sopt
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia marcescens 90-166	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Serratia marcescens 90-166	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Serratia marcescens 90-166	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Serratia marcescens 90-166	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Serratia marcescens 90-166	*Erwinia tracheiphila*	Bacterial wilt
	Serratia marcescens 90-166	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf sopt
	Serratia marcescens 90-166	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia plymuthica 2-67	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose

يتبع

تابع جدول (٨-٣).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
الفجل	*Pseudomonas fluorescens* WCS 374	*Fusarium oxysoirum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS 417	*Alternaria brassicicola*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS 417	*Fusarium oxysporum*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS 417	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS 417	*Fusarium oxysporum* pv. *tomato*	Necrotic lesions
الطماطم	*Pseudomonas fluorescens* WCS 417	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	Vascular wilt
	Pseudomonas putida 89 B-27	*Cucumber mosaic virus*	Systemic mosaic
	Serratia marcescens 90-166	*Cucumber mosaic virus*	Systemic mosaic

بكتيريا المحيط الجذرى

إن الأنواع البكتيرية التى تتواجد فى المحيط الجذرى كثيرة ومتنوعة، ولا يقتصر دور بكتيريا المحيط الجذرى على حماية النباتات من الإصابة ببعض مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية فقط، وإنما يتعداه إلى حمايتها — كذلك — من الإصابة ببعض الفيروسات وبعض الأنواع النيماتودية والحشرية، وذلك كما يتبين من جدول (٨–٤).

جدول (٨–٤): أمثلة على المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض والحشرات فى عدد من محاصيل الخضر باستعمال بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو (عن Zahir وآخرين ٢٠٠٤).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
الفاصوليا	اللفحة الهالية	*Ps. fuorescens* strain 97
	Sclerotium rolfsii	*Ps. cpacia*
الخيار	الأنثراكنوز	*Ps. Putida* 89B-27

يتبع

تابع جدول (٨-٤).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
		Serratia marcescens (90-166)
	Pythium ultimum	*Ps. cepacia*
	الذبول البكتيرى	*Ps. putida* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	تبقع الأوراق الزاوى البكتيرى	*Ps. Putida* (89B-27)
		Flavomonas oryzihabitans INR-5
		S. marcescens (90-166)
		Bacillus pumilus (NR 7)
	الذبول الفيوزارى	*Ps. putida* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	فيرس موزايك الخيار	*Ps. putida* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	خنفساء الخيار المخططة	*Ps. putida* 89B-27
		Flavomonas oryzihabitans INR-5
	خنفساء الخيار المبقعة	*S. marcescens* (90-166)
		B. pumilus (INR-7)
	الذبول الفيوزارى	Mixture of *Paenibacillus* sp. 300
		and *Streptomyces* sp. 385
الطماطم	نيماتودا تعقد الجذور	*Ps. chitinolytica*
	فيرس موزايك الخيار	*B. pumilus, Kluyvera cryocrescens*
		B. amyloliquifacians strain IN 937a,
		B. subtilits strain IN 937b
	فيرس تبرقش الطماطم	*B. amyloliquifacians* strain IN 937a,
		B. subtilis strain IN 937b

ولقد وجد أن المعاملة بمخاليط من عزلات مختلفة لبعض الأنواع البكتيرية التي تعيش في محيط الجذور والتي تنشط النمو النباتي plant growth promoting rhizobacteria (اختصارًا: PGPR) تفيد أفضل من المعاملة بالعزلات المفردة في حث المقاومة ضد بعض الأمراض، مثل: الذبول البكتيرى فى الطماطم (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*)، وفيروس موزايك الخيار فى الخيار، والأنثراكنوز فى الفلفل (الذى يسببه الفطر *Colletotrichum gloeosporioides*)، والذبول الطرى (الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia*)؛ هذا علمًا بأن جميع العزلات لم تكن مؤثرة على أى من المسببات المرضية المذكورة أعلاه فى البيئات الصناعية (Jetiyanon & Kloepper ٢٠٠٢).

ومن الأمثلة الأخرى على حث بكتيريا المحيط الجذرى للمقاومة الجهازية نورد ما يلى:

- يستحث بروتين البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (المعروف باسم 61HrpZ$_{pss}$ protein) تفاعل فرط حساسية فى الخيار؛ يترتب عليه تطوير مقاومة جهازية مكتسبة ضد مسببات مرضية مختلفة، مثل: الفطر *Colletotrichum orbiculare* مسبب مرض الأنثراكنوز، وفيروس تحلل التبغ tobacco necrosis virus، والبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* مسبب مرض تبقع الأوراق الزاوى (Strobel وآخرون ١٩٩٦).

- أحدثت معاملة الفاصوليا بأى من *Trichoderma hzrzianum* T39 (المنتج التجارى Trichodex) أو *Pseudomonas aeruginosa* (السلالة KMPCH) مقاومة جهازية وفرت حماية للنباتات ضد الإصابة بالأنثراكنوز (Bigirimana وآخرون ١٩٩٧).

- أدت معاملة بذور الخيار ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى إلى حث تطوير مقاومة جهازية بالنباتات وفرت لها حماية من بعض الإصابات المرضية. وقد استخدم فى هذه الدراسة السلالة INR7 من *Bacillus pumilus*، والسلالة ME1 من

Curtobacterium flaccumfaciens، والسلالة GB03 من *Bacillus subtilis*، وكان من بين الأمراض التى اختبر تأثير المعاملات عليها تبقع الأوراق الزاوى الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*، والأنثراكنوز الذى يسببه الفطر *Colletotrichum orbiculare* (Raupach & Kloepper ٢٠٠٠).

- أفادت معاملة الطماطم ببعض سلالات بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria فى تنشيط النظام الدفاعى بها ضد الإصابة بفيروس موزايك الخيار (Zehnder وآخرون ٢٠٠٠).

- استحثت معاملة الفاصوليا بالسلالة KMPCH من *Pseudomonas aeruginosa* مقاومة جهازية ضد الفطر *C. lindemuthianum* — فقط — فى الأصناف المتوسطة المقاومة — أصلاً — للفطر. أما السلالة WCS417 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* فكانت قادرة على حث المقاومة الجهازية للفطر فى كل من الأصناف القابلة للإصابة والمتوسطة المقاومة على حد سواء (Bigirimana & Hofte ٢٠٠٢).

- تُكسب السلالة BTP1 من بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas putida* — وكذلك راشح المزارع البكتيرية الخالى من خلاياها — تُكسب نباتات الفاصوليا مقاومة جهازية ضد الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* (Ongena وآخرون ٢٠٠٢).

- تستحث السلالة 89B-27 من *Pseudomonas putida* والسلالة 90-166 من *Streptomyces marescens* تكوين مقاومة جهازية فى الخيار ضد كل من: الأنثراكنوز وتبقع الأوراق الزاوى الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*، والذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*؛ والذبول البكتيرى التى تسببه البكتيريا *Erwinia tracheiphila* (عن Zahir وآخرين ٢٠٠٤).

- تشترك سلالات معينة من عدة أنواع من الجنس *Bacillus* فى قدرتها على تطوير مقاومة جهازية مستحثة induced systemic resistance فى النباتات.

ومن بين الأنواع التى تتميز بتلك الخاصية، ما يلى:

B. subtilis
B. cereus
B. mycoides
B. amyloliquefaciens
B. pasteurii
B. pumilus
B. sphaericus

ولقد أحدثت المعاملة بتلك السلالات مقاومة جهازية مستحثة تحت ظروف البيوت المحمية وظروف الحقل فى عدد كبير من المحاصيل، منها: الفلفل الحلو والحار، والكنتالوب، والبطيخ، وبنجر السكر، والتبغ، والخيار والـ *Arabidopsis*، كما أنها كانت منشطة للنمو النباتى.

ومن بين الأمراض والمسببات المرضية التى أكسبت تلك السلالات البكتيرية النباتات مقاومة جهازية مستحثة ضدها: فطريات تبقعات الأوراق، وبكتيريا تبقعات الأوراق، والفيروسات الجهازية، وفطريات أعفان التاج، ونيماتودا تعقد الجذور، وأحد فطريات لفحة الأوراق، والذبول الطرى، والعفن الأزرق، والندوة المتأخرة، وكذلك الآفات الحشرية: خنفساء الخيار المخططة والمبقعة اللتان تنقلان البكتيريا المسببة لذبول القرعيات، والذبابة البيضاء *Bemisia argentifolii* التى تنقل فيرس تبرقش الطماطم tomato mottle virus (Kloepper وآخرون ٢٠٠٤).

ونستعرض – فيما يلى – جانبًا من الدراسات التى أجريت على طبيعة المقاومة الجهازية التى تستحثها بكتيريا المحيط الجذرى فى النباتات:

• أحدثت معاملة الفجل بالبكتيريا *Psedomonas fluorescens* (السلالة WCS47) مقاومة جهازية فى النباتات ضد مدى واسع من المسببات المرضية شمل كلاً من *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*، و *Alternaria brassicicola*. وقد بدا واضحًا أن التحلل necrosis بالأنسجة النباتية لم يكن ضروريًّا لحث المقاومة الجهازية بالنبات نظرًا لأن البكتيريا *P. fluorescens* — التى تستحث إنتاج البروتينات الخاصة بالتطفل المرضى (PRPs) لا تحدث تحللات كتلك التى تحدثها البكتيريا *P. syringae*

pv. tomato، وهى التى تُحدث – كذلك – مقاومة جهازية بالنبات (Hoffland وآخرون ١٩٩٦).

• تفيد بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas corrugata* (السلالة 13)، و *P. aureofacines* (السلالة 28-63) فى مكافحة الفطر *Pythium aphanidermatum* بجذور الخيار، وذلك من خلال إحداثهما لمقاومة جهازية فى النبات وكذلك بخاصية التضادية أو المقاومة المحلية المستحثة (Chen وآخرون ١٩٩٨).

• أحدثت معاملة جذور الفاصوليا بالسلالة 7NSK2 من *Pseudomonas aeruginosa* مقاومة جهازية بالنباتات، وذلك من خلال إنتاجها لحامض السلسيلك بما يُعادل المعاملة بنانومول واحد من الحامض (DeMeyer وآخرون ١٩٩٩).

• أدت معاملة جذور الخيار بأى من البكتيريا *Pseudomonas corrugata* (السلالة ١٣)، أو *P. chlororaphis* (السلالة ٦٣–٢٨) إلى حث النبات على تطوير مقاومة جهازية ضد الفطر *Pythium aphindermatum*. وعلى الرغم من أن المعاملة بالبكتيريا أحدثت زيادة كبيرة فى محتوى النبات من حامض سلسيلك فإن الحامض لم يكن مؤثرًا على نمو الفطر فى البيئات الصناعية عندما استخدم بتركيز ١٠٠–٢٠٠ ميكروجرام/مل، كما لم تؤد المعاملة به إلى إكساب نباتات الخيار أية مقاومة ضد الفطر (Chen وآخرون ١٩٩٩).

• أظهرت الدراسات أن المعاملة بالسلالة FZB-G من البكتيريا *Bacillus subtilis* تُكسب الطماطم مقاومة جهازية ضد الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، وتبين أن راشح مزارع البكتيريا وهى – أى المزارع – بعمر ١٠–٢٠ ساعة تُحدث نفس هذا التأثير (المقاومة الجهازية ضد الفطر وتحفيز نمو الطماطم)، بينما كان راشح المزارع التى بعمر ثلاثة أيام شديد السمية للفطر لكنه لم يحث الطماطم على تطوير مقاومة جهازية ضد الفطر. وقد تبين – كذلك – أن أحد مكونات راشح المزارع التى بعمر ١٠–٢٠ ساعة يحفز النمو الجذرى للطماطم ويحث تطوير المقاومة الجهازية،

وأنه يعمل كبادئ للأوكسين indole-3-pyruvic acid. أُعطى هذا المكون الرمز Tr-C، ويعتقد بأنه يعمل كهرمون نباتى، وأنه يعطى إشارة البدء فى التفاعلات التى تقود إلى تطوير المقاومة الجهازية (Gupta وآخرون ٢٠٠٠).

• أدت معاملة جذور الخيار بأى من السلالة ١٣ من البكتيريا *Pseudomonas corrugata* أو السلالة 63-28 من البكتيريا *P. aureofaciens* إلى تحفيز نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase فى أنسجة الجذور بعد يومين من المعاملة واستمر التأثير على نشاط الإنزيم لمدة ١٦ يومًا. كذلك ازداد نشاط كلاً من البيروكسيديز peroxidase والبولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase بعد ٢-٥ أيام من معاملة الجذور بالسلالة ١٣ من البكتيريا *P. corrugata*. وبعد تعريض النباتات التى عوملت بالبكتيريا للعدوى بالفطر *Pythium aphanidermatum*.. فإن نشاط الإنزيمات الثلاثة ازداد عما كان عليه إلى أن وصلت الزيادة إلى أقصى مدى لها بعد ٤-٦ أيام من العدوى بالفطر. وقد تبين أن سلالتى البكتيريا وفطر البثيم يحفزان نشاط الإنزيمات الثلاثة موضعيًا وجهازيًا. كذلك تبين أن صورة isomer إنزيم البيروكسيديز الذى يُستحث إنتاجه بواسطة الريزوبكتيريا يختلف عن صورته التى تنتج فى الجذور المصابة بالفطر *P. aphanidermatum* (Chen وآخرون ٢٠٠٠).

• أدت المعاملة المزدوجة بالسلالة Pf1 من البكتيريا *Pseudomonas fluroscens* بطريقتى رش الأوراق والإضافة للتربة إلى خفض إصابة الفلفل بالفطر *Colletotrichum capsici* — مسبب مرض الأنثراكنوز — بكفاءة عالية عن طريق حث تطوير مقاومة جهازية، كانت مصاحبة بزيادة فى نشاط مختلف الإنزيمات ذات العلاقة بالدفاع النباتى، وكذلك زيادة فى تمثيل المركبات ذات العلاقة (Ramamoorthy & Samiyappan ٢٠٠١).

• تنتج بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas chlororaphis* (السلالة PCL1391) المركب phenazine-1-carboxamide الذى يكافح الفطر *Fusarium*

oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن الجذع والجذر فى الطماطم. ويلعب استعمار البكتيريا لجذور الطماطم دورًا أساسيًا فى المكافحة الحيوية من خلال كون الجذر وسيلة لتوصيل المركب المضاد للفطر إلى باقى أجزاء النبات (Chin-A-Woeng وآخرون ٢٠٠١).

- دُرس تأثير المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى التالية على إصابة الخيار بالذبول البكتيرى:

١- السلالة 89B-61 من *Pseudomonas putida*.

٢- السلالة 90-166 من *Serratia marcesens*.

٣- السلالة INR-7 من *Bacillus pumilis*.

٤- السلالة INR-S من *Flavomonas oryzihabitans*.

وتبين أن المعاملة بالبكتيريا قللت جوهريًا من أعداد خنفستى الخيار الناقلتين للبكتيريا *Erwinia tracheiphila* المسببة للمرض، وهما خنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittata*، وخنفساء الخيار المبقعة *Diabrotica undecimpunctata*، كما انخفضت الإصابة بالمرض جوهريًا ليس فقط مقارنة بالكنترول، وإنما كذلك مقارنة بالمكافحة بالمبيدات. ولقد كانت المقاومة مصاحبة بانخفاض شديد فى تركيز Cucurbitacin C، وهو الكيوكربتسين الرئيسى فى الخيار، علمًا بأن الكيوكربتسينات تُعد جاذبة قوية لتغذية الخنافس (كما ثبت من تجارب قورنت فيها تغذية الخنافس على نباتات خيار مُرة ذات تركيب وراثى BiBi وتنتج تركيزًا عاليًا من الكيوكربتسين، بتغذيتها على نباتات خيار خالية من الكيوكربتسين وذات تركيب وراثى bibi).

ولكن حتى فى غياب الخنافس الناقلة للبكتيريا، فإن المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو استحثت مقاومة فى الخيار ضد بكتيريا الذبول التى حقنت بها سواء أكانت النباتات مرة BiBi، أم غير مرة bibi.

• أظهرت الدراسات أن معاملة جذور نباتات الخيار ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria (اختصارًا: PGPR) استحثت المقاومة ضد مرض الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia tracheiphila*، وارتبط ذلك بنقص فى تغذية خنفساء الخيار المخططة وخنفساء الخيار المبقعة الناقلتين للبكتيريا، مع نقص فى تركيز الكيوكاربتسين cucurbitacin المحفز القوى لتغذية الخنفساء.

وفى تجارب أخرى وجد أن الـ PGPR تستحث المقاومة الجهازية ضد الذبول فى غياب الخنفساء الناقلة للبكتيريا، مع عدوى نباتات الخيار صناعيًّا بالبكتيريا المرضة؛ مما يعنى أن الـ PGPR تستحث المقاومة ضد كل من الإصابة المنقولة بالخنفساء وضد البكتيريا ذاتها إذا ما حقنت بها النباتات بوسائل أخرى.

ولقد انتخبت سلالات أخرى من الـ PGPR قادرة على حث المقاومة الجهازية ضد كل من فيرس موزايك الخيار وفيرس تبرقش الطماطم فى الطماطم.

وأوضحت الدراسات أن معاملة الخيار ببكتيريا المحيط الجذرى تكسب النباتات مقاومة جهازية ضد الإصابة بكل من خنفساء الخيار والبكتيريا *Erwinia tracheiphila* مسبب مرض الذبول البكتيرى والتى تنقلها الخنفساء،وأن ذلك يكون مصاحبًا بنقص فى تركيز الكيوكربتسين cucurbitacin، وهو من مركبات الأيض الثانوية التى تحفز — بشدة — تغذية الخنفساء. هذا.. إلاّ أن المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى — فى غياب خنفساء الخيار — تؤدى كذلك إلى ذات المقاومة الجهازية ضد الإصابة بالبكتيريا؛ مما يدل على أن المقاومة التى تستحثها بكتيريا المحيط الجذرى تكون من خلال آلية أخرى إضافية غير آلية تخفيضها لتركيز الكيوكربتسين (Zehnder وآخرون ٢٠٠١).

• تُحدِثُ المعاملة بالبكتيريا *Pseudomonas fluorescens* — سواء أكانت عن طريق البذور، أم غمس الجذور، أم التربة، أم رش الأوراق — خفضًا معنويًّا فى شدة إصابة الطماطم بفيرس ذبول الطماطم المتبقع. ولقد ازداد فى النباتات المعاملة بالبكتيريا

نشاط كلاً من البيروكسيديز peroxidase، والـ phenylalanine ammonia-lyase، وازداد تراكم اللجنين والمركبات الفينولية (Kandan وآخرون ٢٠٠٢).

• أظهرت الدراسات أن معاملة الطماطم بالعزلة Pf1 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* تحميها من الإصابة بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersci*، وأن تلك الحماية مردها إلى حث البكتيريا النباتات على إنتاج إنزيمات دفاعية، مع تراكم الفينولات والبروتينات التي تحد من اجتياح الفطر لجذور الطماطم (Ramamoorthy وآخرون ٢٠٠٢).

• وجد أن السلالة Pf1 من *Pseudomonas fluorescens* تؤدى عند معاملة الفلفل والطماطم بها إلى حمايتهما من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض الذبول الطرى، وزيادة معدل النمو النباتى، كما أوضحت الدراسات أن تلك السلالة تستحث النباتات لتمثيل الإنزيمات والمركبات الكيميائية ذات العلاقة بالدفاع ضد مسببات الأمراض؛ حيث أدت المعاملة بها إلى زيادة نشاط كلا من الـ: phenylalanine ammonia-lyase، والـ peroxidase، والـ catechol oxidase (سابقًا polyphenoloxidase، أو PPO)، وذلك بعد تعرض النباتات المعاملة بالبكتيريا للفطر *P. aphnidermatum*، كما ازداد فيها تراكم الفينولات (Ramamaoorthy وآخرون ٢٠٠٢).

• أدت المعاملة بأى من بكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus pumilus* SE34، أو *Pseudomonas fluorescens* 89B61 إلى حث تكون مقاومة جهازية ضد الندوة المتأخرة فى الطماطم، وخفض شدة المرض إلى درجة مماثلة لتلك التى أحدثتها المعاملة بالمركب الحاث للمقاومة المحلية (غير الجهازية) β-amino butyric acid (اختصارًا: BABA). ويستدل من الدراسة أن الحماية التى حثت تكوينها كلتا السلالتين من بكتيريا المحيط الجذرى مستقلة عن حامض السلسيلك، ولكنها تعتمد على كل من الإثيلين وحامض الجاسمونك، بينما اعتمدت المقاومة المحلية التى أحدثها الـ BABA على حامض السلسيلك (Yan وآخرون ٢٠٠٢).

• إن المكافحة الحيوية باستعمال بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria تتم من خلال إفراز تلك البكتيريا لنواتج أيضية بكتيرية تقلل أعداد المسببات المرضية – التى قد تتواجد فى المحيط الجذرى – أو تقلل من نشاطها. وقد تتضمن تلك النواتج الأيضية siderophores ترتبط بالحديد وتجعله أقل تيسرًا للكائنات المرضة التى تتواجد بالقرب منها، وينطبق ذلك – على بعض الـ Pseudomonads، مثل *Pseudomonas fluorescens*، و *P. putida* (عن Zahir وآخرين ٢٠٠٤).

• ترتبط المقاومة الجهازية المستحثة بالـ *Bacillus* spp. بتغيرات تركيبية فى النباتات أثناء تعرضها للإصابة بالمسببات المرضية فضلاً عن حدوث تحورات سيتولوجية وكيميائية لها.

ويبدو أن *Bacillus* spp. تنشط بعض المسارات الأيضية التى تنشطها الـ *Pseudomonas* spp. بالإضافة إلى تنشيطها لمسارات أخرى. فمثلاً.. تعتمد المسارات التى تستحثها عديد من سلالات الـ *Bacillius* spp. على حامض الجاسمونك jasmonic acid، والإثيلين، والجين المنظم NPR1 – كما يحدث فى حالة المقاومة الجهازية المستحثة للـ *Pseudomonas* spp. – إلا أنه فى حالات أخرى وجد أن المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة *Bacillius* spp. تعتمد على حامض السلسيلك وليس على حامض الجاسمونك أو الإثيلين أو الجين المنظم NPR1. كذلك فإنه بينما لا تؤدى المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة *Pseudomonas* spp. إلى تراكم الـ PR1 فى النباتات فى بعض الحالات، فإن المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة *Bacillius* spp. تقوم بذلك (Kloepper وآخرون ٢٠٠٤).

هذا.. ويستعرض Compant وآخرون (٢٠٠٥) أساسيات وآليات فعل البكتيريا المحفزة للنمو النباتى plant growth-promoting bacteria فى المكافحة الحيوية للأمراض النباتية.

النوع البكتيرى *Bacillus subtilis*

تنتشر البكتيريا *Bacillus subtilis* فى مختلف أنواع الأراضى وفى البقايا النباتية المتحللة، ولكنها تتواجد غالبًا فى صورة جراثيم ولا تكون نشطة بيولوجيًّا. ويتوفر فى سلالات هذه البكتيريا طرازان يستعمل أحدهما رشًّا على النموات الخضرية (مثل: QST713)، بينما يُضاف الآخر إلى التربة أو تعامل به البذور (مثل: BG03 كما فى التحضير التجارى Kodiak).

تُنتج البكتيريا طرازًا من المضادات الحيوية (ببتيدات دهنية lipopeptides يتضمن الـ inurins؛ مما يجعلها منافسًا قويًّا للكائنات الدقيقة الأخرى بقتلها أو خفض معدلات نموها.

عند معاملة البذور بالبكتيريا فإنها تقوم — مباشرة — باستعمار المجموع الجذرى النامى وتكون منافسًا قويًّا لما قد تتعرض له الجذور من كائنات أخرى ممرضة.

كذلك تثبط البكتيريا إنبات جراثيم المسببات المرضية وتعطل أنابيبها الجرثومية، وتقف حائلاً أمام تعلق المسبب المرضى بالنبات، كذلك فإنها تستحث تطوير مقاومة جهازية مكتسبة.

ومن بين أهم سلالات هذه البكتيريا ما يلى:

١- السلالة QST713: تستخدم رشًّا لمكافحة البياض الدقيقى، ومن أهم منتجاتها التجارية: Serenade، و Rhapsody.

٢- السلالة GB03: تستخدم فى معاملة البذور لمكافحة الفطريات التى تصيب الجذور.

٣- السلالة MB1600: تستخدم فى معاملة البذور أو التربة.

٤- السلالة FZB24: من *B. subtilis* var. *amyloliquefaciens* تعامل بها التربة.

ومن التحضيرات التجارية المعروفة للبكتيريا: Seranade، و Kodiak (Resource Guide for Organc Insect and Disease Manangement — كورنل — الإنترنت — ٢٠٠٦).

تتوفر البكتيريا *Bacillus subtilis* تجاريًا — محليًا — في مركبين، هما: ريزو إن، وكلين روت، وهما يستعملان إما بمعاملة البذرة بمعدل ١٠ جم/كجم بذرة إن لم تكن البذور قابلة للنقع، مثل الفاصوليا، وإما بنقع البذور — التي يمكن نقعها كالقرعيات في معلق يحتوى على ٥جم من المركب/ لتر ماء، ويحتاج كل كيلوجرام من البذور لنحو لترين من المعلق، ويستمر النقع لمدة ١٢ ساعة قبل الزراعة. كذلك يمكن رى صوانى الشتلات بمعلق للمركب (كلين روت مثلاً) يحتوى على ١٠ جم من المركب/ لتر ماء، وذلك قبل نقل الشتلات إلى الحقل بنحو ١٢ ساعة. ويمكن كذلك غمر بعض الشتلات كالفراولة والطماطم، وكذلك درنات البطاطس المستعملة كتقاو لمدة ثلاث دقائق فى معلق من كلين روت يحتوى على كيلوجرام واحد منه لكل ١٠٠ لتر ماء.

وتفيد هذه البكتيريا فى الحماية من الإصابة بسقوط البادرات وأمراض أعفان الجذور.

وقد أوضحت الدراسات فاعلية معاملة البذور أو سقى التربة بمعلق لثلاثة أنواع من الجنس *Bacillus* (هى: *B. subtilis*، و *B. thuringiensis*، و *B. cereus*) فى مكافحة مسببات الأمراض الفطرية *Macrophomina phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium* spp. فى اللوبيا (Dawar وآخرون ٢٠١٠).

ووجد أن معاملة بذور البطيخ ببعض الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المقاومة الحيوية حفّزت زيادة فى نشاط إنزيمات الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـpolyphenol oxidase، والـ β-1-3glucanase، كما حفزت تراكم الفينولات، وذلك بعد عدوى النباتات بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض لفحة ألترناريا. وبلغت قمة نشاط الإنزيمات — التى تعبر عن المقاومة الجهازية

المستحثة – بعد ستة أيام من العدوى بالفطر. وقد كانت السلالة BsW1 من البكتيريا *Bacillus subtilis* أعلى كائنات المكافحة الحيوية تأثيرًا فى النشاط الإنزيمى وتراكم الفينولات (Umamaheswari وآخرون ٢٠٠٩).

وتبين أن أربع عزلات من البكتيريا *Bacillus* spp. – من بين ١٥ عزلة – حُصل عليها من تربة مثبطة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* – كانت مثبطة لفقس بيض النيماتودا، وأكثر قدرة عن غيرها فى استعمار جذور الطماطم، وفى تحفيز أو زيادة النمو النباتى، وتقليل تثألل الجذور وتكاثر النيماتودا، كما كانت تلك العزلات (B1، وB4، وB5، و B11) أكثر العزلات إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Singh & Siddiqui ٢٠١٠).

كذلك أظهرت السلالة YMF3.25 من البكتيريا *Bacillus megaterium* كفاءة عالية فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، وتبين أن تلك البكتيريا تُطلق مركبات متطايرة هى التى تؤثر على النيماتودا، منها: 2-nonanone، و decanal، و 2-undecanone، و dimethyl disulphide، وقد أظهرت جميعها فاعلية ضد كل من اليرقات والبيض عند تركيز ٠,٥ مللى مول، هذا بالإضافة إلى إنتاج البكتيريا لمركبات متطايرة أخرى كانت أقل تأثيرًا (Huang وآخرون ٢٠١٠).

هذا.. وتفرز مختلف سلالات البكتيريا *Bacillus subtilis* المركب فِنجيسين fengycin، وهو مادة ببتيدية دهنية حلقية cyclic lipopeptide مضادة للميكروبات، تؤثر فى تكوين الثقوب بالأغشية البلازمية، وفى تدفق ونفاد محتويات الخلايا؛ مما يؤدى إلى موت الكائنات الدقيقة الحساسة له. وقد وجد أن مدى حساسية الكائنات الدقيقة للفينجسين الذى تفرزه السلالة CU12 من البكتيريا يتوقف على المكونات الدهنية للأغشية البلازمية لتلك الكائنات (Wise وآخرون ٢٠١٤).

الزيدومانادز الفلورية

تلعب عديد من الزيدومونادز الفلورية fluorescent pseudomonads البكتيرية –

وهى بكتيريا تعيش فى المحيط الجذرى للنباتات — دورًا فى مكافحة عديد من مسببات الأمراض فى عديد من المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة.

ويبين جدول (٨-٥) أهم الزيدوموناذز Pseudomonads الفلورية المستخدمة فى مكافحة أمراض الخضر.

جدول (٨-٥): أهم أنواع الجنس ***Pseudomonas*** المستخدمة فى مكافحة أمراض الخضر (**Anjaiah ٢٠٠٤**).

النوع البكتيرى	المرض (والمسبب المرضى)	المحصول	آلية المكافحة
P. putida	الذبول الطرى (*Pythium ultimum*)	البسلة	المنافسة
	الذبول الفيوزارى (*F. oxysporum*)	الفجل	تكوين الـ siderophores
		الخيار	تكوين الـ siderophores
Pseudomonas spp.	عفن الجذور الفيوزارى (*F. solani*)	الخيار	المنافسة
	الذبول الفيوزارى (*F. oxysporum*)	الخيار	المنافسة
	الذبول الطرى (*P. aphanidermatum*)	الخيار	المنافسة
P. aeruginosa	الذبول الطرى (*Pythium* sp.)	الطماطم	تكوين الـ siderophores
P. fluorescens	الذبول الطرى (*P. ultimum*)	الخيار	تضادية حيوية
		الفراولة	تضادية حيوية
	العفن الطرى *Erwinia carotovora*	البطاطس	تضادية حيوية
	اللفحة الهالية *P. syringae*	الفاصوليا	مقاومة مستحثة
	الذبول الفيوزارى	الفجل	مقاومة مستحثة
		الطماطم	مقاومة مستحثة
	عفن الجذر والتاج *F. o.* f.sp. *radicis-lycopersici*	الطماطم	مقاومة مستحثة
P. chlororaphis	القلب الأحمر *P. fragariae*	الفراولة	تضادية حيوية
P. aeruginosa	الذبول الطرى *P. splendens*	الفاصوليا	تضادية حيوية
	الذبول الفيوزارى	الطماطم	تضادية حيوية
	بوتريتس الأوراق *B. cinerea*	الفاصوليا	تضادية حيوية

ويتناول المرجع (Anjaiah ٢٠٠٤) هذا الموضوع بالتفصيل.

ولقد أدت معاملة بيئة نمو جذور الفاصوليا بأى من السلالات WM35 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*، أو MW09 من البكتيريا *P. aureofaciens*، أو WM06 من البكتيريا *P. putida* إلى حث مقاومة جوهرية ضد الفطر *Uromyces appendiculatus* مسبب مرض الصدأ لمدة ٣٠ يومًا من زراعة البذور، إلاّ أن السلالتين WM35، و WM06 — فقط — هما اللتان وفرتا حماية للنباتات من الإصابة بالصدأ طوال مدة الدراسة (Abeysinghe ٢٠٠٩).

كما وجد لدى اختبار تأثير عدد من السلالات البكتيرية من كل من *Pseudomonas*، و*Bacillus* على نمو البسلة وإصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* أن سلالات الـ *Pseudomonas* — وخاصة السلالة Pf1 كانت أقواها تأثيرًا فى تثبيط فقس بيض النيماتودا واختراقها للجذور، وكذلك فى تحفيز نمو بادرات البسلة. وقد تبين أن تلك السلالة (Pf1) كانت أكثر السلالات إنتاجًا لـ siderophores وأكثرها إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٩).

كما وجد أن المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى (السلالة: SE34 من *Bacillus pumilus*، والسلالتان: SE34r، و 89B6fr من *Pseudomonas fluorescens*) بإضافتها إلى البيئات اللاأرضية لإنتاج الشتلات يُسهم فى تحفيز نمو الشتلات بصورة أفضل من معاملة البذور بها (Yan وآخرون ٢٠٠٣).

أنواع بكتيرية أخرى تستخدم فى المكافحة الحيوية للأمراض

البكتيريا المتطفلة على المسببات المرضية

تتطفل بعض الأنواع البكتيرية على بعض مسببات الأمراض الفطرية التى تعيش فى التربة، كما يتبين من جدول (٨-٦).

جدول (٨-٦): أمثلة لبكتيريا تتطفل على بعض مسببات الأمراض الفطرية التى تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

البكتيريا	المسبب المرضى
Actinoplanes spp.	*Phytophthora megasperma*
	Pythium spp.
Arthrobacter spp.	*Pythium debaryanum*
Bacillus spp.	*Sclerotium cepivorum*
Coryneforms	*Sclerotium cepivorum*
Enterobacter agglomerans	*Rhizoctonia solani*
Pseudomnanas cepacia	*Pythium ultimum*
	Rhizoctonia solani
	Sclerotium rolfsii
Serratia marcescens	*Rhizoctonia solani*
	Sclerotium rolfsii
Streptomyces griseoviridis	*Alternaria brassicola*
	Botrytis cinerea
	Phomopsis sclerotioides
	Mycocentrospora acerina
	Sclerotinia sclerotiorum

أنواع الاستربتوميسيتات

تنتج الاستربتوميسيتات streptomycetes مضادات حيوية تفيد فى مكافحة بعض المسببات المرضية، كما يتبين من الأمثلة التالية:

- أمكن حماية البطاطس من الإصابة بالجرب الذى تسببه *Streptomyces scabies* بمعاملة التربة بأى من سلالتين من الـ *Streptomyces* مثبطتين لـ *S. scabies*، هما: السلالة PonSSII من *S. diastatochromogenens* والسلالة PonR من *S. scabies* (Liu وآخرون ١٩٩٥أ).

- أدت معاملة جذور الطماطم بالاستربتوميسيت *Streptomyces plicatus* —

الذى ينتج إنزيم الشيتينيز chitinase — بوفرة إلى حماية النباتات من الإصابة بكل من الفطريات *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، و *Alternaria alternata* مسبب مرض تقرح الساق، و *Verticillium albo-atrum* مسبب مرض ذبول فيرتسيليم (Abd-Allah ٢٠٠١).

- تعد *Streptomyces lydicus* بكتيريا تتواجد طبيعيًّا فى التربة، وتستعمل العزلة WYEC 108 منها فى مكافحة الفطريات.

تستعمر البكتيريا جذور النباتات وتنافس المسببات المرضية الجذرية على المكان والغذاء الذى تفرزه الجذور. كما أنها تستعمر — كذلك — النموات الخضرية عندما تستعمل رشًّا على الأوراق. ويعتقد بأنها تعمل أيضًا بالتضادية الحيوية وتفرز مضادات للفطريات.

تفيد هذه البكتيريا عند استعمالها فى معاملة البذور أو سقيًّا للتربة فى مكافحة أمراض الجذور وسقوط البادرات التى تسببها الفطريات.

Fusarium

Rhizoctonia

Pythium

Phytophthora

Aphanomyces

Monosporascus

Armillaria

Sclerotinia

Geotrichum

verticillium

وعند استعمالها رشًّا، فإن هذه البكتيريا تفيد فى مكافحة فطريات البياض الزغبى

والبياض الدقيقى وكذلك الفطريات:

Botrytis

Sclerotinia

Alternaria

ومن التحضيرات التجارية لهذه البكتيريا المنتج التجارى Actinovate AG (من Caldwell وآخرين ٢٠١٣).

البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى

تلعب البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى دورًا فى الحد من بعض المسببات المرضية كما يتبين من الأمثلة التالية:

- يؤدى تلقيح جذور الطماطم بالبكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Azospirillum brasilense* إلى حماية البادرات من الإصابة بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية (Bashan & Bashan ٢٠٠٢).

- تفيد البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى *Alcaligenes faecalis* فى الحد — جوهريًا — من إصابة الطماطم بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*، ويعتقد أن مرد ذلك التأثير إلى ما تنتجه البكتيريا من الهيدروكسيل أمين hydroxylamine، علمًا بأن هذه البكتيريا تثبط نمو ١٣ نوعًا من الفطريات فى البيئات الصناعية (Hamada وآخرون ١٩٩٩).

- أفادت معاملة بذور الفاصوليا بأى من البكتيريا *Rhizobium leguninosarum* bv. *viceae* (السلالتان R12، وR21) أو *R. leguninosarum* bv. *phaseoli* (السلالة BR)، أو *Pantoea agglomerans* (السلالة PA) إلى مكافحة الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* بصورة جوهرية، سواء أكانت البذور مصابة طبيعيًّا بالبكتيريا المرضة، أم تم عدواها بها (Huang وآخرون ٢٠٠٧).

الفطريات والخمائر المستعملة فى مكافحة الأمراض

يُعرف عديد من الأنواع الفطرية التى تستخدم فى مكافحة الأمراض النباتية، كما يُستعمل بعضها فى مكافحة النيماتودا والحشرات؛ الأمر الذى نناقشه تحت هذين الموضوعين.

الميكوريزا

أهمية الميكوريزا

عرفت فائدة بعض فطريات الميكوريزا mycorrhizae التابعة للجنس *Trichoderma* فى مجال المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض النباتية منذ عشرينيات القرن العشرين ولقد كان الاعتقاد السائد — حتى وقت قريب — أنها تعمل — أساسًا — من خلال قدرتها على التطفل على الفطريات mycorparasitism، والتضادية الحيوية antibiosis، وقدرتها التنافسية competition على مصادر الغذاء والحيز المكانى، إلا أن التقدمات الحديثة أظهرت — كذلك — أهمية الترايكودرما فى حث تطوير كلاً من المقاومة الجهازية والموضعية.

وتظهر أهمية الميكوريزا فى مكافحة أمراض الجذور من الأمثلة التالية (عن Palti ١٩٨١، و White ١٩٨٧).

المحصول	المسبب المرضى	تأثير الميكوريزا
الفراولة	*Cylindrocarpon destructans*	تقليل الإصابة كثيرًا
الطماطم	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا
الخيار	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا ويزداد النمو النباتى
البصل	*Pyrenochaeta terrestris*	تقل الإصابة
الجزر	*Meloidogyne hapla*	تقل الإصابة

هذا.. وربما تحدث الحماية لجذور النباتات من الإصابة بالمسببات المرضية بسبب وجود الغطاء الكثيف لفطريات الميكوريزا التى تحيط بالجذور وتشكل عائقًا فيزيائيًّا أمام الإصابات المرضية. ولا تتوفر هذه الحماية إلا فى أجزاء الجذور التى تكون على صلة بفطر الميكوريزا.

ومن المعروف أن فطريات الميكوريزا تغير من فسيولوجيا النبات؛ فالجذور التى تتصل بها تكون أكثر (لجننة) من الجذور غير المتصلة بها، وربما يكون لذلك صلة مباشرة بتقليل حدوث الإصابات المرضية.

وتحتوى النباتات على إنزيمات شيتينية Chitionlytic Enzymes تقوم بتحليل الـ Arbuscules المسنة. ويمكن أن تكون هذه الإنزيمات مؤثرة على الفطريات المرضة كذلك.

ويكون للتغيرات فى فسيولوجيا الجذور المتصلة بفطريات الميكوريزا تأثيرات أخرى على الكائنات المرضة؛ فمثلاً.. يزداد الأرجنين الذى يقلل من تجرثم الفطر *Thielaviopsis basicola*، كما يزداد تركيز السكريات المختزلة التى قد تثبط نمو الفطر *Pyrenochaeta terrestris*.

كما أن تواجد فطريات الميكوريزا يؤدى إلى زيادة فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يزيد من مقاومة النباتات للإصابات المرضية (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

تستعمر فطريات الميكوريزا خلايا البشرة والطبقات الخارجية من القشرة فى الجذور، وتفرز جزيئات كيميائية تتسبب فى إحاطة ميسيليوم الترايكودرما المتقدم بجدر عازلة. وإلى جانب إرسال الميكوديرما لإشارة البدء فى حث تطوير المقاومة الجهازية فإنها تُسهم — بشدة — فى زيادة معدل النمو وامتصاص العناصر.

وتفرز فطريات الترايكودرما خليطًا من الإنزيمات المضادة للفطريات تتضمن: β-1,3-glucanases، ولهذه الإنزيمات خاصية تداؤبية synergistic مع بعضها البعض، ومع مواد أخرى (Harman ٢٠٠٦).

وتفيد المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) فى

الوقاية من العديد من المسببات المرضية، كتلك التى تتبع الأجناس.

Gauemannomyces	*Phytophthora*
Chalara (Thielaviopsis)	*Fusarium*
Rhizoctonia	*Pythium*
Verticillium	*Sclerotium*
	Aphanomyces

هذا.. إلا أن تلك الحماية لا تكون ضد جميع المسببات المرضية الفطرية، كما أن مستوى الحماية التى توفرها الميكوريزا يختلف باختلاف كل من نوع الميكوريزا المستعمل والنوع النباتى المُعامل بها.

ولا تقتصر الحماية التى توفرها الميكوريزا على الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة وتحدث الإصابة بها عن طريق الجذور، بل تتعداها — أحيانًا — إلى تلك التى تصيب النموات الخضرية كذلك.

كما أن الميكوريزا يمكن أن تغير من شدة قابلية النباتات للإصابات الحشرية، حيث تؤثر فى قدرتها على التغذية والتكاثر على النبات العائل وخاصة الحشرات القارضة (Harrier & Watson ٢٠٠٣).

تعد السلالة T-22 من *Trichoderma harzianum* من أكثر سلالات الترايكودرما استعمالاً فى المكافحة الحيوية، وكانت قد أنتجت بطريقة دمج البروتوبلاست؛ بهدف الحصول على سلالة على درجة عالية من القدرة على المنافسة فى المحيط الجذرى rhizosphere، مع قدرة عالية — أيضًا — على المنافسة مع البكتيريا التى تعرف باسم spermosphere bacteria. وكانت السلالتان اللتان أدمجتا من *T. harzianum* هما السلالة T-95، وهى طفرة ذات قدرة عالية على المنافسة فى المحيط الجذرى كانت قد أنتجت فى كولومبيا من سلالة عزلت من تربة مثبطة للرايزكتونيا، والسلالة T-12، وهى التى كانت بدورها أكثر قدرة على المنافسة مع الـ spermosphere bacteria عن T-95 تحت ظروف نقص الحديد. وكانت كلتاهما قويتين فى المكافحة الحيوية.

وعلى الرغم من ظهور سلالات كانت أكثر قدرة على التنافس فى المحيط الجذرى أو أكثر قدرة على التنافس مع الـ spermosphere bacteria، فإن السلالة T-22 كانت أكثرها فاعلية وجمعت الخاصيتين معًا (Harman ٢٠٠٠).

وفيما يلى قائمة بمسببات الأمراض التى أمكن مكافحتها باستخدام الميكوريزا (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤):

المحصول	المسببات المرضية
البطاطس	*Rhizoctonia solani*
البسلة	*Aphanomyces euteiches*
البصل	*Sclerotium cepivorum*
	F. oxysporum f. sp. *cepa*
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*
	F. oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*
	Phytophthora nicotianae f. sp. *parasitica*
	Phytophthora parasitica
الأسبرجس	*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*
	Pyrenochaeta terrestris
الطماطم	*Pyrenochaeta lycopersici*
	Pythium aphanidermatum
الفلفل الحار	*Sclerotium rolfsii*
الطماطم	*Rhizoctonia solani*

ويعطى المرجع (Sharma وآخرون ٢٠٠٤) تفاصيل استخدام الميكوريزا فى المكافحة البيولوجية لأمراض الخضر.

أنواع الميكوريزا الهامة وتحضيراتها التجارية

يُعد الجنس *Trichoderma* من أهم أنواع الميكوريزا.

ومن أهم أنواع الترايكودرما *Trichoderma* المستخدمة فى المكافحة الحيوية، ما يلى:

T. harzianum

T. virens (*Gliocladium virens:* سابقًا)

T. lignorum

T. atroviride

T. polysporum

وإلى جانب تأثيرها فى المكافحة، فإن الترايكودرما تنشط النمو النباتى، وخاصة تحت ظروف الشدّ البيئى. تستعمر الترايكودرما جذور النباتات وتستحث استجابات دفاعية بالنباتات.

وهى لا تفيد – فقط – فى مكافحة بعض أمراض الجذور والدرنات، مثل الـ *Pythium* والـ *Fusarium* والـ *Rhizoctonia*، وإنما تفيد – كذلك – فى مكافحة بعض أمراض النموات الهوائية عند استعمالها رشًّا على الأوراق.

ومن بين التحضيرات التجارية للترايكودرما، ما يلى:

BTO-TAM

Plant Shield

Root Shield

SoilGard

T-22

Tenet

(Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

ويدخل *Trichoderma viride* فى تركيب عديد من المستحضرات التجارية

المستخدمة فى مكافحة أمراض الخضر، ومنها المنتجات: Antagon Combi، وAntagon TV، و Trichogaurd، و Niprot، و Bioderma، كما يدخل *T. viride* مع الفطر .*Paceilomyces* sp فى تركيب المستحضر التجارى Tridhodex XP. وجميع هذه التحضيرات منتجات هندية (Sharma وآخرون ٢٠٠٤).

آليات فعل الميكوريزا

أدت معاملة بذور الفلفل قبل زراعتها بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى حث تكوين مقاومة جهازية فى النبات وفرت له حماية جزئية من الإصابة بالفطر *Phytophthora capsici*، وكان ذلك مصاحبًا – فى الوقت ذاته – بزيادة فى تركيز الفيتوألاكسين كابسيديول Capsidiol بلغت – بعد ستة أيام من العدوى بفطر الفيتوفثورا – سبعة أضعاف تركيزه فى النباتات غير المعاملة بالميكوريزا ومحقونة بالفيتوفثورا (Ahmed وآخرون ٢٠٠٠).

وتستحث الميكوريزا المقاومة الجهازية فى النباتات.. من خلال مسارات تتضمن حامض الجاسمونك والإثيلين. ولقد وجد أن السلالة T203 من *Trichoderma asperellum* تنظم تعبير الجينات الخاصة بمسارى حامض الجاسمونك والإثيلين أثناء حث المقاومة الجهازية المكتسبة فى نباتات الخيار. كذلك فإن نباتات الخيار التى حقنت بالميكوريزا ثم البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* أظهرت تعبيرًا أكبر للجينات التى تشفر لكل من الـ β-1,3-glucanase، والـ peroxidase مقارنة بالكنترول (Shoresh وآخرون ٢٠٠٥).

الفطر *Coniothyrium minitans*

يُفيد الفطر *Coniothyrium minitans* فى مكافحة الفطرين: *Sclerotinia sclerotiorum*، و *Sclerotinia minor*.

تُعد تحضيرات الفطر التجارية من جراثيمه الكونيدية؛ حيث تجفف وتخلط بالجلوكوز. وعند استعماله يخلط التحضير بالماء ويرش على سطح التربة.

يعمل الفطر *C. minitans* من خلال قتله الأجسام الحجرية للفطرين المرضين.

ومن أهم تحضيراته التجارية Contans WG (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

الخمائر

نجحت المعاملة ببعض أنواع الخمائر فى مكافحة بعض أمراض الخضر، كما يتبين من الأمثلة التالية:

• أمكن الحصول على نتائج جيدة عند محاولة مكافحة اثنين من الفطريات المسببة لمرض العفن الجاف الفيوزارى فى البطاطس — هما: *F. sambucinum* (= *Gibberella pulicaris*)، و *F. solani* var. *corulem* — باستعمال عدة سلالات من الخميرة، ولكن البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* أعطت نتائج إيجابية (Schisler وآخرون ١٩٩٥). كذلك أمكن مكافحة الفطر *F. sambucinum* بواسطة البكتيريا *P. cepacia* (سلالة B37w) فى بيئة صناعية (Burkhead وآخرون ١٩٩٤).

• أحدثت المعاملة ببعض العزلات من الخمائر *Rhodotorula glutinis*، و *Cryptococcus albidus* إلى مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* فى الفاصوليا (Elad وآخرون ١٩٩٤).

• أدى رش نباتات الخيار ثلاث مرات على فترات أسبوعية بمعلق لبعض طفرات الخميرة *Tilletiopsis washingtonensis* إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى، وقد ظهرت هيفات *S. fuliginea* وهى منكمشة ومنهارة فى النباتات المعاملة بالخميرة (AbdEl-Hafiz ١٩٩٩).

استخدام الإنزيمات الشيتينية فى مكافحة الأمراض الفطرية

يُعاب على مختلف المنتجات الميكروبية المستخدمة فى المكافحة الحيوية لشتى المسببات المرضية قِصَر فترة حيويتها ونتائجها غير الثابتة تحت ظروف الحقل. ومن أهم الآليات التى تعمل بها تلك الميكروبات فى مكافحة الفطريات التنافس على المكان والغذاء، وإنتاج مواد أيضية مضادة للفطريات، وإفراز إنزيمات محللة مثل الـ chitinases والـ glucanases.

وقد اتجه الاهتمام نحو الـ chitinases البكتيرية التى تُحلل الجدر الخلوية الشيتينية للفطريات، والتى تعد من أهم التراكيب البنائية المستهدفة فى المكافحة. وقد يُعد استخدام تحضيرات الإنزيمات المحللة الخالية من البكتيريا أكثر كفاءة فى استراتيجيات مكافحة الفطريات، إلا أن ذلك الاتجاه ما زال فى مراحله الأولى؛ بسبب تكلفته العالية، ويحتاج الأمر إلى البحث عن مصادر جيدة للشيتينيز البكتيرى وطرق بيوتكنولوجية تفيد فى تحسين خصائص تلك الإنزيمات (Neeraja وآخرون ٢٠١٠).

الحماية من السلالات القوية من الفيروسات بعدواها بسلالة ضعيفة

إن ظاهرة الـ cross protection تعنى المقاومة التى يُظهرها النبات المصاب بأحد الفيروسات للإصابة بسلالات أخرى من نفس الفيرس. وتحدث هذه الظاهرة مع كل الفيروسات التى يُعرف منها سلالات واضحة التميز عن بعضها البعض. ولقد أطلق على تلك الظاهرة — إلى جانب الاسم cross protection — عدة أسماء أخرى، منها:

acquired immunity

antagonism

cross immunization

dominance

induced immunity

interference

premunity

prophylactic inoculation

protective inoculation

(Fulton ١٩٨٦).

المكافحة البيولوجية للنيماتودا

المكافحة بالبكتيريا والفطريات

تُستخدم البكتيريا المضادة للنيماتودا والفطريات المتطفلة عليها بنجاح فى مقاومة النيماتودا، ومن أكثر البكتيريا استخدامًا فى المكافحة البيولوجية للنيماتودا البكتيريا *Pasteuria penetrans*.

ومن أهم الفطريات التى تصطاد النيماتودا أو تتغذى عليها أنواع من كل من الأجناس: *Arthobotrys*، و *Monocarosporium*، و *Nematophothora*، و *Hirsutello*، و *Verticillum*، و *Paecilomyces*.

ولقد وجد أن المعاملة بخليط من *P. penetrans* مع أى من الفطرين *Paecilomyces lilacinus*، أو *Verticillium chlamydosporium* تُعطى مكافحة أفضل لنيماتودا تعقد الجذور (Saxena ٢٠٠٤).

كذلك يفيد الفطر *Pochonia chlamydosporia* فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور؛ فهو فطر nematophagus. ويستمر تواجد الفطر فى التربة بكثافة عالية لمدة لا تقل عن خمسة شهور بعد المعاملة (Atkins وآخرون ٢٠٠٣).

كما استخدمت الميكوريزا فى مكافحة الأنواع النيماتودية التالية:

١- *Meloidogyne hapla* فى الجزر والطماطم.

٢- *M. incognita* فى الطماطم والباذنجان.

٣- *M. javanica* فى الطماطم.

٤- *Pratylenchus penetrans* فى الخيار.

٥- *Rotylenchus renifornis* فى الطماطم.

ويُعد Saxena (٢٠٠٤) من المراجع الشاملة فى موضوع المكافحة البيولوجية للنيماتودا فى محاصيل الخضر.

المكافحة بالتحميل على نباتات تمنع تكاثر النيماتودا

أظهرت بعض النباتات، مثل: *Tagets* spp.، و *Crotalaria spectabilis*، و *Ricinus communis* قدرة على منع تكاثر نيماتودا تعقد الجذور عند زراعتها مع المحاصيل القابلة للإصابة؛ وبذا.. فهى تعد من وسائل المقاومة البيولوجية للنيماتودا. ولقد أفاد تحميل *T. erecta*، و *T. minuta* على الطماطم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور فيها. وفى دراسته على الفاصوليا كانت زراعة *T. erecta* مع الفاصوليا الأكثر قبولاً من الناحية الاقتصادية فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور، مقارنة بكل من طريقتى تشميس التربة والمعاملة بالمبيد النيماتودى Furadan 5G (Ijani وآخرون ٢٠٠٠).

استعمال مستخلصات الكمبوست رشًا على النموات الخضرية وسقيًا للتربة

تستخدم مستخلصات الكمبوست compost tea فى رش النموات الخضرية النباتية لمكافحة بعض الأمراض.

وتحضر تلك المستخلصات – غالبًا – بنقع الكمبوست التام التجهيز mature compost فى الماء بنسبة ١:١ (وزنًا بوزن) لمدة ٧–١٠ أيام، وقد يضاف إليه مواد تزيد من الأعداد الميكروبية فيه مثل المولاس، ويلى ذلك ترشيح المستخلص المائى للكمبوست. وتتأثر كفاءة استعمال الكمبوست لهذا الغرض حسب الكمبوست ذاته، والمحصول، والأمراض المستهدفة بالمكافحة. هذا مع العلم بأن تلك المستخلصات تحتوى على عديد من الأنواع البكتيرية والفطرية المستخدمة بالفعل فى المكافحة الحيوية.

كذلك يُنسب للكائنات الميكروبية الدقيقة الموجودة فى مستخلصات الكمبوست قدرتها على حث تكوين مقاومة جهازية فى النباتات التى تعامل بها (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

يستعمل مستخلص الكمبوست رشًا فى مكافحة عديد من الأمراض، كما يستعمل سقيًا للتربة لأجل مكافحة الذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* (Scheuerell & Manaffee ٢٠٠٤)، ولزيادة النشاط البيولوجى للتربة.

ونظرًا لأن مستخلصات الكمبوست يمكن أن تفقد فاعليتها سريعًا عند استخدامها رشًا بسبب تعرضها لأشعة الشمس، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية؛ لذا تفضل إضافتها إلى سطح التربة، حيث تزيد من خصوبتها، وتُسرع من تحلل ما فيها من مادة عضوية.

ويكون نقع الكمبوست فى ماء غير مكلور بنسبة ١ : ٤ على التوالى، مع دفع تيار من الهواء فى المعلق لكى تستمز الظروف هوائية، بما يسمح باستمرار نمو وتكاثر البكتيريا المفيدة والفطريات والبروتوزوا. وتستمر تهوية المنقوع لمدة ١٢–٤٨ ساعة حسب نوع الكائنات الدقيقة التى يرغب فيها بالمستخلص. فالتهوية والنقع لمدة ١٢ ساعة فقط يكون مناسبًا لنمو الفطريات، بينما يناسب النقع لمدة ٢٤ ساعة نمو البكتيريا، ويناسب النقع لمدة ٣٦–٤٨ ساعة نمو البروتوزوا.

وتفيد إضافة المولاس فى تحفيز نمو البكتيريا، بينما تحفز إضافة حامض الهيوميك نمو الفطريات. ويضاف أحيانًا الاسفاجنم بيت موس أو القش كمصدر للبروتوزوا.

وتجب المعاملة بمستخلصات الكمبوست بمجرد الحصول عليه لضمان أن يكون محتواه من الكائنات الدقيقة ما زال بحالة نشطة.

ومن أمثلة حالات استخدام مستخلص الكمبوست فى مقاومة الأمراض، ما يلى:

• وَجِدَ أن المستخلص المائى لمخلوط السماد العضوى + القش المتخمرين يحتوى على أعداد كبيرة ومتنوعة من الأكتينوميسيتات، والبكتيريا، والفطريات، والخمائر، وكان المستخلص شديد الفاعلية فى مكافحة الفطر *B. cinerea* فى كل من الفاصوليا والخس. وقد أدى تعقيم المستخلص بالترشيح أو بالأوتوكليف إلى فقده لفاعليته (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

• أدى رش نباتات الخس بالمستخلص المائى لمنقوع كمبوست السبلة مع القش إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*. وبفحص هذا المستخلص تبين احتواءه على أعداد كبيرة وأنواع عديدة من كل من الأكتينوميسيتات (٠,٣–٢,٤×١٠^{٨} لكل مل)،

والبكتيريا (١,٥-٥,٦ × ١٠^١١ لكل مل)، والفطريات الخيطية (٢٥-٤٥,٥ لكل مل)، والخمائر (٢٦,١-٦٢,٦ لكل مل) (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

• أمكن خفض معدل إصابة نباتات البامية بعفن كوانيفورا المائى choanephora rot بنسبة ٧٦٪ - مقارنة بالعفن فى نباتات الكنترول - عندما عوملت النباتات بمستخلص كمبوست قش الأرز المزود بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٨).

• أمكن مكافحة الندوة المبكرة فى الطماطم (التى يسببها الفطر *Alternaria solani*) برش النباتات بمستخلص كمبوست أثناء تجهيزه وهو بعمر ١٤ يومًا (Tsror ١٩٩٩).

• أظهرت مستخلصات ١٠ أنواع من الكمبوست - استخدم فى إنتاجها مخلفات نباتية أو حيوانية كمرت لمدة ١٤ يومًا - قدرة عالية على المكافحة الحيوية لثلاثة من المسببات الفطرية للطماطم، هى: *Alternaria alternata*، و *Botrytis cinerea*، و*Pyrenochaeta lycopersici*. ولقد فقدت تلك المستخلصات قدرتها على المكافحة الحيوية لدى تعقيمها؛ بما يفيد تواجد كائنات دقيقة ذات تأثير مضاد للمسببات المرضية بنوع من التضادية الحيوية، وأن تلك الكائنات الدقيقة تُقتل عند التعقيم (Pane وآخرون ٢٠١٢).

• استُخدِم المستخلص المائى للكمبوست فى المكافحة الحيوية للفطرين *Fusarium solani*، و *Phoma pinodella* فى البسلة، حيث أدى إلى خفض الإصابة بهما بنسبة ٩٣٪ إلى ١٠٠٪ عندما كانت الزراعة فى أكياس بالبيوت المحمية، وبنسبة أقل من ٥٠٪ عندما كانت الزراعة حقلية فى تربة طينية ثقيلة. وعندما رُشِّح المستخلص لاستبعاد الكائنات الدقيقة منه فإنه لم يمنع الإصابة بالفطر *F. solani*؛ بل على العكس.. أدى ذلك إلى زيادة مساحة البقع المرضية بالجذور (Curlango-Rivera وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة الحيوية للحشرات والاكاروسات

يكون الغرض من المكافحة الحيوية (أو البيولوجية) Biological Control هو التخلص من الآفة فى كل من بيئة الزراعة والنبات المصاب معًا. ومن أهم مميزاتها ما يلى:

١- لا تؤدى إلى قتل الأعداء الطبيعية للآفات كما يحدث عند استعمال المبيدات.

٢- لا تترك أثرًا ضارًا بالإنسان على الأجزاء النباتية المستعملة فى الغذاء.

٣- لا تؤدى إلى تلوث البيئة كما يحدث عند استعمال المبيدات فى المكافحة.

لكن يعيب المكافحة الحيوية أنها لا يمكن أن تؤدى إلى التخلص نهائيًا من الآفة المراد مكافحتها؛ نظرًا لأنه يوجد دائمًا توازن بين الآفة والطفيل الذى يتطفل عليها، والذى يستخدم فى مكافحتها.

أنواع الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات

يستخدم فى المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والنيماتودا نوعيات مختلفة من الكائنات تصنف كما يلى:

١- المفترسات predators: مثل حشرة أبو العيد والعناكب، وهى تفترس الحشرات التى تتغذى عليها بالكامل، وتكون قليلة التخصص غالبًا.

٢- المتطفلات parasitoids: مثل الزنابير والذباب، وهى تضع بيضها على الحشرات التى تتطفل عليها؛ أو فيها، وعندما يفقس البيض فإن اليرقات تتغذى على الضحية حتى تقتلها، وتكون المتطفلات أكثر تخصصًا.

٣- المرضات الحشرية entomopathogens: وهى كائنات دقيقة تهاجم الحشرات ومنها بكتيريا، وفطريات، وفيروسات، ونيماتودا.

تعرف عملية الإكثار التجارى للمفترسات والمتطفلات والمرضات الحشرية باسم

augmentation، ولقد أصبح من المألوف طلب تلك الأعداء الطبيعية بالبريد فى عديد من الدول.

كما يدخل ضمن المكافحة البيولوجية وسائل لا تتضمن كائنات حية، وإن كانت تعتمد على خصائص بيولوجية، وتعرف باسم parabiological control agents، وتتضمن ما يلى:

١- إطلاق حشرات معقمة.

٢- استخدام مصائد الفيرومونات pheromones.

٣- المعاملة بمنظمات النمو الحشرية (Hagler ٢٠٠٠).

وقد تناول Hagler (٢٠٠٠) موضوع المكافحة البيولوجية للحشرات بشئ من التفضيل.

متطلبات نجاح المكافحة الحيوية للحشرات

إن من أهم الأمور التى يتعين أخذها فى الحسبان عند تطبيق مبدأ المكافحة البيولوجية ما يلى:

أولا: بالنسبة لاستعمال المفترسات والمتطفلات الحشرية والحيوانية

١- يستلزم اتباع هذه الطريقة — غالبًا — وقتًا أطول عما تستلزمه المكافحة الكيميائية.

٢- لا توجد مكافحة بيولوجية تعطى ١٠٠٪ كفاءة فى مكافحة أى آفة.

٣- نظرًا لأن كثيرًا من الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية تعمل ببطء، لذا.. يتعين استعمالها عندما تكون أعداد الآفة منخفضة.

٤- تعمل معظم المفترسات والمتطفلات فى حرارة ١٨-٢٩°م ورطوبة نسبية ٦٠٪ - ٩٠٪.

٥- تموت كائنات المكافحة الحيوية إذا تعرضت نباتات الصوبة لفترات يتوقف فيها النمو، سواء أكان ذلك بسبب سيادة حرارة شديدة الارتفاع، أم شديدة الانخفاض.

٦-إذا كان مستوى الآفة عال جدًّا عند بدء استعمال كائنات المكافحة الحيوية فإنها غالبًا لن تعطى مكافحة جيدة.

٧-تتباين كفاءة الكائن الواحد المستعمل فى المكافحة من محصول لآخر، فمثلاً.. تقل كفاءتها على المحاصيل ذات الأوراق الوبرية مثل الطماطم.

٨-تموت الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية جوعًا إذا ما تم التخلص تمامًا من الآفة.

٩-تفرز بعض النباتات مواد سامة لكائنات المكافحة الحيوية (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops – أترا Attra – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ثانيًا: بالنسبة لاستعمال الكائنات الدقيقة المرضة

من الأمور التى تجب مراعاتها عند استعمال الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية مراعاة ما يلى:

١-إدخال تلك الكائنات فى الوقت المناسب، وكلما بكرنا فى إدخالها كلما انخفضت الأعداد التى نحتاجها ، وكلما زادت كفاءتها، ويمكن حتى إدخال بعض من الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية كإجراء مانع للإصابة.

٢-يُعطَى اهتمام خاص لجودة المنتج المستخدم وأن يكون من مصادر موثوق بها.

٣-يُهتم كذلك بحرارة تخزين المنتج وآخر تاريخ للاستعمال.

٤-التعرف على بيولوجى الكائن المستعمل فى المكافحة.

٥-توفير الظروف التى تحفز وصول الأعداء الطبيعية للحقل وتكاثرها بتوفير النباتات الجاذبة لها.

٦-التأكد من أن عمليات الخدمة الزراعية مثل الحصاد والتقليم وإزالة الأوراق القديمة لا تؤدى إلى خفض أعداد الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية.

٧-التأكد من عدم تعارض استعمال بدائل المبيدات مع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية (Koppert Biological Systems – الإنترنت – ٢٠٠٧).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الحشرات والأكاروسات

يبين جدول (٨-٧) أهم أنواع المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجاريًّا، والتى تستخدم فى مكافحة الحشرات والأكاروسات.

جدول (٨-٧): بعض المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجاريًا لمكافحة الحشرات والأكاروسات (Ohio State University Extension ٢٠٠٥).

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات التى يهاجمها
متطفل على الذبابة البيضاء	*Encarsia formosa*	الذبابة البيضاء
متطفل على الذبابة البيضاء	*Eretmocerous eremicus*	الذبابة البيضاء
	Eretmocerous mundus	
متطفل على صانعات الأنفاق	*Diglyphus* spp., *Dacnusa* spp.	صانعات الأنفاق
قاتل للخنفساء المغبرة	*Cryptolaemus montrouzieri*	بق الحمضيات الدقيقى
متطفل على الخنفساء المغبرة	*Leptomastix dactylopii*	بق الحمضيات الدقيقى
ذبابة متطفلة على المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*	المنّ
متطفل على المنّ	*Aphidius colemani*	منّ الخوخ الأخضر ومنّ القطن
متطفل على المنّ	*Aphidius ervi, Aphelinus abdomalis*	منّ البطاطس
مفترس حشرى أرضى	*Atheta coriaria*	يرقات بعوضة الفطر وعذارى تربس الأزهار الغربى
نيماتودا متطفلة على بعوضة الفطر	*Steinernema feltiae,* plus others	يرقات بعوضة الفطر
أكاروس متطفل على التربس وبعوضة الفطر	*Hypoaspis miles*	يرقات بعوضة الفطر وعذارى التربس
مفترس العنكبوت الأحمر	*Phytoseiulus persimilis,* other phytoseiids	العنكبوت الأحمر
	Amblyseius californicus	
أسد المنّ	*Chrysoperia* sp.	المنّ والذبابة البيضاء والأكاروس وديدان حرشفية الأجنحة
قرصان الخنافس الدقيق	*Orius insidiosus*	التربس وغيره من الحشرات
مفترس التربس	*Neoseiulus cucumeris*	التربس
	Amblyseius degenerans	
	Amblyseius cucumeris	
متطفل الفراشات	*Trichogramma brassicae*	بيض الفراشات

ومن أنواع المفترسات – التى تتوفر فى مصر، وتلعب دورًا هامًّا فى الحد من أعداد الحشرات التى تقع فريسة لها – ما يلى (عن حماد وعبد السلام ١٩٨٥).

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التى تفترسها
إبرة العجوز	إبرة العجوز الكبيرة *Labidura riparia* إبرة العجوز الصغيرة *Labidura minor*	كثير من يرقات وعذارى حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة، وكذلك بعض أنواع المنّ
الرعاشات	الرعاش الكبير *Henrianax ephippiger* الرعاش الصغير *Lschnura senegalesis*	تفترس حورياتها المائية الحشرات والديدان المائية، وتفترس الحشرات الكاملة عديدًا من الحشرات الطائرة، كالبعوض، والهاموش
أسود المنّ	*Chrysopa vulgaris*	تفترس يرقاته أنواع المنّ، واليرقات الصغيرة من دودة ورق القطن، والحشرات القشرية، والتربس
أسود النمل	*Cueta varieegata* *Palpares cephalotes*	تفترس يرقاتهما أنواع النمل المختلفة
الخنافس المفترسة	خنافس الكالوسوما *Chalosoma chlorostictum* الحشرة الرواغة *Paederus alfierii*	تفترسان يرقات دودة ورق القطن وبيضها، ودودتى اللوز الشوكية والقرنفلية، والدودة القارضة، وأنواع المنّ
	خنفساء أبو العيد ذات الإحدى عشرة نقطة *Cacinella undecimpunctata* خنفساء أبو العيد ذات النقط السبع *Coccinella septempunctata* خنفساء أبو العيد الأسود *Cydonia vicina isis* خنفساء أبو العيد السمنى *Cydonia vicina nilotica*	تتغذى يرقات هذه الحشرة وأطوارها الكاملة على المنّ. والحشرات القشرية، والبق الدقيقى، والحلم
	خنفساء الكربتوليمس *Chryptolaemus montrauzieri*	استوردت من فرنسا لمقاومة بق القصب الدقيقى وبق الهبسكس الدقيقى.
الزنابير المفترسة	الزنابير الزرقاء، مثل: *Strilbum splendidum*	تفترس الزنابير كثيرًا من الحشرات بعد أن تخدرها

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التى تفترسها
	زنابير الطين ذات الخصر النحيل؛ مثل:	
	زنبور الأموفيلا الكبير	
	Ammophila tydei	
	زنابير الطين البانية؛ مثل:	
	Eumenes maxillosa	
	الزنبور الأصفر *Polistes glallica*	

ويُستفاد فى مصر من المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus macropilis* فى مكافحة العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae*، حيث يُطلق فى حقول الفراولة، كما أعطى المفترس نتائج جيدة فى حقول كل من الفاصوليا والخيار والكنتالوب.

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفطريات

على خلاف البكتيريا والفيروسات المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات، فإن الفطريات المستعملة لهذا الغرض يمكن لجراثيمها الكونيدية الإنبات المباشر على السطح الخارجى لجسم الحشرة، وهى يمكن أن تصيب أى طور من الأطوار الحشرية، وقد تتخصص على طور أو أطوار معينة منها.

ويلزم عند المعاملة بالفطريات توفر رطوبة حرة ورطوبة نسبية عالية لكى يمكن أن تنبت الجراثيم الكونيدية، وهى التى تعد حساسة للأشعة فوق البنفسجية التى تفقدها فاعليتها.

إن من أهم سلبيات ومشاكل استعمال الفطريات فى المكافحة الحيوية للحشرات، ما يلى:

١- بطء فاعليتها، حيث تتطلب — عادة — أكثر من ٧ أيام.

٢- ضعف تأثيرها على الطور البالغ (من الذبابة البيضاء)؛ حيث يحتاج الأمر إلى عدة رشات لمكافحة الأجيال المتداخلة (من الذبابة البيضاء).

٣- تعتمد فاعليتها على تواجد ظروف بيئية مناسبة.

٤-تفضيل الذبابة البيضاء للسطح السفلى للأوراق؛ مما يشكل صعوبة فى توصيل الفطر إليها.

٥-التكلفة العالية.

٦-قصر فترة احتفاظها بحيويتها، وخاصة فى حرارة الغرفة.

ومن أهم ما تجب مراعاته للتغلب على سلبيات ومشاكل الفطريات المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات، ما يلى:

١-يفضل دائمًا استعمالها ضد طور الحوريات الأول، بهدف منع تكاثرها إلى مستويات يصعب التحكم فيها. هذا مع العلم بأن هذه الفطريات لا يمكن الاعتماد عليها فى مكافحة الأعداد الكبيرة جدًّا من طور الحوريات الأول أو الحشرات البالغة. ومن ناحية أخرى فإن *B. bassiana*، و *P. fumosoroseus* متوافقتان مع مدى واسع من المبيدات الحشرية التى تستخدم فى التخلص من الحشرات المهاجرة التى تكون سريعة التكاثر وتنقل إلى النباتات الإصابات الفيروسية.

٢-ضرورة الاستفادة من الظروف البيئية المناسبة متى توفرت.

٣-استعمال رشاشات قادرة على توصيل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.

٤-إبطاء سرعة الرش، مع زيادة الضغط وحجم سائل الرش لتحقيق أكبر تغطية ممكنة لكل الأسطح النباتية.

٥-تركيز الرش على خطوط النباتات إن لم تكن تغطيتها للمصاطب كاملة.

٦-تخزين التحضيرات التجارية تحت تبريد أو فى حجرات مكيفة كلما أمكن ذلك (Faria & Wraight ٢٠٠١).

ويعتبر الفطر *Beauveria bassiana* أكثر الفطريات استخدامًا فى المكافحة الحيوية. يتواجد هذا الفطر فى التربة فى شتى أنحاء العالم، وتتفاوت الحشرات فى قابليتها للإصابة بمختلف سلالاته. وقد عزلت عديد من السلالات من حشرات مصابة. وينتشر استعمال

سلالتين على نطاق واسع، هما: GHA، و ATCC74040. هذا وتفصل الجراثيم الكونيدية من مزارع الفطر لأجل استعمالها رشًّا فى التحضيرات التجارية.

يقتل الفطر *B. bassiana* الآفة بعد ملامسة جراثيم الفطر لها حيث تنبت وتخترق جسم الحشرة وينمو الفطر بداخلها، ويستغرق الأمر – عادة – نحو ٣–٥ أيام لحين موت الحشرة. وتشكل الأجسام الحشرية الميتة مصدرًا للانتشار الثانوى للفطر.

ويناسب إنبات جراثيم الفطر الرطوبة النسبية العالية وتواجد الرطوبة الحرة والحرارة المعتدلة أو المائلة للبرودة (٢١–٢٧ °م)، ولكنها تتأثر سلبيًّا بالأشعة الشمسية.

ونظرًا لقصر فترة بقاء الجراثيم الكونيدية حية؛ لذا.. يجب الحرص على ملامسة محلول الرش للحشرات المستهدفة، مع توصيل محلول الرش إلى كل الأسطح الورقية بما فى ذلك السطح السفلى للأوراق. وتتأثر فاعلية المقاومة بالفطر إيجابيًّا باستعمال تركيزات عالية من جراثيم الفطر مع الرش خلال المراحل المبكرة للنمو الحشرى قبل ظهور أضرار كبيرة من جراء الإصابة الحشرية.

يفيد الفطر *B. bassiana* فى مكافحة التربس والذبابة البيضاء والمنّ وديدان حرشفية الأجنحة والسوس ونطاطات الأعشاب والخنافس المغبرة وخنفساء كلورادو.

ومما تجب مراعاته بشأن استخدام الفطر فى المكافحة ما يلى:

١–لا تُجرى المعاملة إلا فى وجود الحشرات المستهدفة، فلا يجرى رش وقائى.

٢–قد لا تكفى رشة واحدة، نظرًا لسرعة فقد الفطر لحيويته بفعل الأشعة الشمسية وسهولة غسيله من على الأسطح النباتية بالمطر وماء الرى بالرش.

٣–تزداد فاعلية الفطر على المراحل العمرية المبكرة للحشرات.

٤–عدم خلط الفطر مع مبيدات فطرية وعدم الرش بتلك المبيدات قبل مرور أربعة أيام على المعاملة بالفطر.

٥–محاولة زيادة الرطوبة النسبية قدر الإمكان لزيادة فاعلية الفطر.

ومن بين التحضيرات التجارية للفطر ما يلى:

١- Mycotrol O وهو يحتوى على سلالة الفطر GHA.

٢- Naturalis H & G وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.

٣- Naturalis L وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.

(عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Manangement — الإنترنت — ٢٠٠٦).

كذلك يوفر الفطران *Paecilomyces fumosoroseus*، و *Beauveria bassiana* مكافحة جيدة للذبابة البيضاء من خلال تأثيرهما على حوريات الحشرة وليس على الحشرة الكاملة، وذلك عند الرش بأى منهما كل ٤-٥ أيام فى الكنتالوب وكل ٧ أيام فى الكوسة (Wraight وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أدت المعاملة بالفطر *P. fumosoroseus* (السلالة Apopka 97) إلى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* بصورة جيدة (Van de Veire & Degheele ١٩٩٦، و Sterk وآخرون ١٩٩٦).

وأظهرت يرقات فراشة درنات البطاطس *Phthoriumaea operculella* قابلية شديدة للإصابة بكل من الفطر *Metarhizium anisopliae* والفيرس granulosis virus، علمًا بأنهما يعطيان تأثيرًا أشد فى مكافحة اليرقات إذا ما استعملا معًا بتركيز عالٍ من الفطر وبتركيز منخفض من الفيرس (Sewify وآخرون ٢٠٠٠).

كما أظهرت الدراسات أن كلاً من الفطرين *Beauveria bassiana*، و *Metarhizium anisopliae* يتطفلان على سوسة البطاطا *Cylas puncticollis*، ويؤديان إلى الحد من تغذيتها وخصوبتها، وضعف حيوية بيضها (Ondiaka وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على البكتيريا

إن التقدم الهائل الذى حدث فى دراسات حث تطوير المقاومة الجهازية فى النباتات ضد الأمراض عن طريق المعاملة بالكائنات الدقيقة — وخاصة ببكتيريا المحيط الجذرى — لا

يزال فى أولى خطواته بالنسبة لدراسات حث المقاومة الجهازية ضد الحشرات والأكاروسات بالاستعانة بالبكتيريا، إلا أن هذه النوعية من الدراسات قد تفتح آفاقًا واسعة جديدة فى مجال مكافحة الحشرات.

فمثلاً.. أدت معاملة بيئة الزراعة فى مشاتل الفلفل بمخلوط من نوعى البكتيريا *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى جعل النباتات — بعد شتلها — أكثر قدرة على تحمل الإصابة بمنّ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* (Herman وآخرون ٢٠٠٨).

هذا.. إلا أن الاهتمام الأكبر فى مجال مكافحة الحشرات بالبكتيريا ينصب فى الوقت الحاضر — ومن قبل منتصف القرن العشرين — على الاستعانة بالبكتيريا *Bacillus thuringensis*.

اكتشفت قدرة البكتيريا *Bacillus thurigensis* (اختصارًا: Bt) على قتل الحشرات فى عام ١٩١١، ولكنها لم تتوفر تجاريًّا لهذا الغرض إلاّ فى عام ١٩٥٠.

يتعين لكى تكون البكتيريا مؤثرة أن تتناولها الحشرة فى غذائها، وعندما تصل إلى الخلايا المبطنة للأمعاء فإنها تتلفها؛ مما يفقد الحشرة الرغبة فى التغذية، حيث تموت من الجوع فى خلال يوم واحد إلى أيام قليلة، ولكنها — وحتى تموت — لا تُحدث أضرارًا بالأنسجة النباتية.

ولأن الحشرة يجب أن تحصل على البكتيريا فى غذائها، فإن الرش يجب أن يشمل كل الأسطح النباتية. وعلى الرغم من ذلك فإن بعض الديدان كالناخرات تصل إليها البكتيريا ضمن غذائها.

ليست لهذا البكتيريا تأثيرات سلبية على الأعداء الحشرية الطبيعية من المفترسات والمتطفلات، كما أنها لا تؤثر على الحشرات الملقحة مثل النحل.

إن أكثر سلالات البكتيريا شيوعًا فى الاستعمال هى *kurstai*، وهى المتخصصة على يرقات حرشفية الأجنحة. كذلك تستعمل سلالات *Israelensis* فى مكافحة البعوض

والذباب، وسلالات San diego/*tenebrionis* فى مكافحة بعض أنواع الخنافس (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

يتحد سُمَ البكتيريا Bt — فى خلال دقائق من تناول الحشرة له فى غذائها — مع مستقبلات خاصة فى جدار معى الحشرة، وتتوقف بعدها الدودة عن التغذية، وفى خلال ساعات ينهار جدار معى الحشرة بما يسمح لجراثيم الـ Bt والبكتيريا التى تتواجد طبيعيًا بالدخول فى تجويف جسم الحشرة حيث يذوب سُمَ الـ Bt. وفى خلال يوم إلى يومين تموت اليرقة مع انتشار جراثيم الـ Bt وبكتيريا المعى فى دمها.

تُنتج تلك البكتيريا تجاريًا فى تانكات تخمر، ومع توفر الظروف المناسبة — فإن كل خلية بكتيرية تُنتج جرثومة وبروتين بللورى سام يُعرفُ باسم endotoxin.

وتعمل منتجات الـ Bt جيدًا على اليرقات الصغيرة عندما تكون نشطة فى التغذية. أما الحشرات الماصة مثل المن والذبابة البيضاء فإنها لا تتأثر بالـ Bt. ويجب أن تتغذى اليرقة لبعض الوقت حتى تلتقط ما يكفى من الـ Bt لموتها. ولا تتبقى الـ Bt على أوراق النبات سوى لأيام قليلة، ويحتاج الأمر إلى المعاملة بها ٢–٣ مرات خلال مدة ثمانية أيام لتحقيق أفضل مكافحة (عن Brust وآخرين ٢٠٠٣).

عند تناول الحشرة لهذا السُمَ فإنه ينشط فى الوسط القاعدى بالمعى وبالنشاط الإنزيمى فيها. ويحدد وجود مستقبلات معينة للسم الحشرى ما إذا كانت البكتيريا ستكون مؤثرة أم غير مؤثرة، أى أن التخصص البكتيرى يتحدد بتلك المستقبلات التى يجب أن تكون متوافقة معه.

هذا.. وليس للبكتيريا التى تتكاثر فى جسم الدودة دورًا تاليًا فى مكافحة أجيال أخرى من الحشرة (Brust وآخرون ٢٠٠٣، و Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

ونظرًا لضرورة تناول الحشرة للسُمَ فى غذائها لكى يكون فعالاً، فإنه يتعين إجراء المعاملة فى الجزء النباتى الذى تتغذى عليه الحشرة وفى الوقت الذى تحدث فيه التغذية.

وكما هو الحال مع معظم المبيدات الحشرية، فإن اليرقات الصغيرة تكون أكثر تأثرًا بالسُمَ البكتيرى عن اليرقات المتقدمة فى العمر؛ لذا يلزم توقيت المعاملة تبعًا لذلك؛ مما يعنى أهمية الاكتشاف المبكر للإصابة الحشرية.

وتجدر الإشارة إلى أن المادة الفعّالة قد لا تبقى فعّالة لأكثر من أيام قليلة بعد الرش بسبب تحللها بفعل الأشعة الشمسية. لذا.. فإنه يلزم — غالبًا — تكرار المعاملة. كذلك يلزم احتواء محلول الرش على مواد لاصقة (لكى يلتصق السُمَ الحشرى بالأسطح النباتية)، وأخرى مثبطة للأشعة فوق البنفسجية (لأجل حماية السُمَ الحشرى من التحلل بفعل الضوء).

وكما هو الحال مع عديد من المبيدات الحشرية، فإن الحشرات يمكن أن تطور مقاومة ضد السُم البكتيرى؛ الأمر الذى حدث بالفعل مع كل من خنفساء كلورادو والفراشة ذات الظهر الماسى. ولتجنب تكرار ذلك مع حشرات أخرى يجب عدم اللجوء إلى استعمال سُموم الـ Bt إلا عند الضرورة ومع وسائل المكافحة المتكاملة الأخرى. كذلك يفضل استخدام السُم فى جيل واحد من الحشرة واللجوء إلى وسائل أخرى لمكافحة الجيل التالى له.

وتجدر الإشارة إلى أن الأنواع البكتيرية للجنس *Pseudomonas* المحولة وراثيًّا بجين البروتين البللورى لا يُسمح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

إن أول ما أنتج من منتجات الـ Bts التجارية — والتى ما زال الكثير منها مستعملاً إلى اليوم — حُصل عليها من بعض الطرز لأنواع برية من البكتيريا، ومن أمثلة تلك المنتجات: DiPel، و Javalin، و XenTari. وقد أمكن التوصل إلى سلالات جديدة من البكتيريا عن طريق عملية الدمج البكتيرى conjugation (أو transconjugation)، وهى عملية تحدث فى الطبيعة وتماثل عملية التهجين فى النباتات الراقية. وبمقتضاها فإن تحت نوعين اثنين أو أكثر تخلط معًا بطريقة تيسر انتخاب سلالات جديدة من خلايا بكتيرية ذات صفات مرغوب فيها تتجمع فيها صفات من الأبوين. وتلك الطريقة يُسمح بها لإنتاج منتجات للزراعة العضوية. ومن أمثلة المنتجات التى حُصل عليها بهذه الطريقة Condor، و Cutlass.

ويتطلب التوصل إلى بعض المنتجات المتحصل عليها من الطرز البرية اللجوء إلى أساليب الهندسة الوراثية، وهى منتجات لا يُسمح بها فى الزراعة العضوية، ومن أمثلتها Mattch، وفيها يحول الطراز البكتيرى البرى ليصبح قادرًا على تكوين سُم الـ Bt داخل كبسولة طبيعية تحميه من التحلل بفعل العوامل البيئية. وبمقتضى هذه الطريقة يتم تحويل أحد أنواع الجنس *Pseudomonas* لإنتاج سُمِّ الـ Bt بأساليب الهندسة الوراثية. وبعد عملية التحول الوراثى يتم قتل البكتيريا الـ *Pseudomonas* المحتوية على سُمِّ الـ Bt — داخل كبسولة — باستعمال الأشعة فوق البنفسجية.

تحضر مزارع البكتيريا *B. thuringensis* تجاريًّا، وتُسوق فى صورة مساحيق قابلة للبلل تحت أسماء عديدة؛ منها: الـ Dipel، والـ Bitroil، والـ Thuricide. وهى شديدة الفاعلية ضد بعض الديدان؛ مثل: الديدان القياسة، وديدان الكرنب cabbage warms، والدودة القارضة، ولا يبقى منها أى أثر ضار بالإنسان، وتعتبر رخيصة نسبيًّا، بالمقارنة بالمبيدات الحشرية. ويرخّص باستعمالها فى مكافحة يرقات رتبة حرشفية الأجنحة (Lepidopterous larvae) فى أكثر من ٢٠ محصولاً من الخضر، وقد أنتجت منها سلالات عالية الضراوة.

من بين الديدان التى نادرًا ما تُكافح أو تنجح مكافحتها ببكتيريا الـ Bt حفار أشجار الخوخ (فى الفواكه ذات النواة الحجرية)، ودودة كيزان الذرة، وحفار ساق الكوسة، والديدان القاطعة cutwors، إلا أن بكتيريا الـ Bt تستعمل فى مكافحة حفار ساق الذرة الأوروبى، ولكن يتعين أن تجرى المعاملة بطريقة تسمح بتسرب المبيد من قمة النباتات.

يتخصص تحت النوع *Israelensis* على يرقات بعض حشرات رتبة *Diptera*، وخاصة يرقات البعوض، والذباب الأسود black flies والـ fungal gnats فى مزارع عيش الغراب، ولكنها لا تكافح يرقات الذبابة المنزلية، أو ذبابة الاصطبلات، أو الذبابة السّروء التى تضع بيضها على اللحم.

يفيد إجراء المعاملة ببكتيريا الـ Bt متأخرًا بعد الظهر أو فى المساء فى زيادة فاعلية المكافحة لأن البكتيريا تبقى على النموات الخضرية طوال الليل قبل أن تضعف فاعليتها

بالتعرض للأشعة الشمسية القوية أثناء النهار التالى. كذلك تُعطى المعاملة فى الأيام التى تسودها الغيوم — بدون أمطار — نتائج مماثلة.

ومما يفيد فى حماية جراثيم البكتيريا من الأشعة فوق البنفسجية اتباع طرق معينة فى إنتاجها يتم بواسطتها كبسلة جراثيم الـ Bt أو سمومها فى غلاف من جل النشا، أو يجعلها داخل خلايا ميتة لبكتيريا أخرى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

تحتوى المنتجات المصرح باستعمالها فى الزراعات العضوية على مشتقات من المزارع البكتيرية تحتوى على البروتين الفعال (الـ endotoxin) وجراثيم بكتيرية ومواد لاصقة. (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Manangement — الإنترنت — ٢٠٠٧).

هذا.. ولا تؤثر منتجات الـ Bt على الأعداء الطبيعية للحشرات إلاّ بصورة غير مباشرة من خلال تقليلها لغذائها (الذى يتكون من الحشرة المستهدفة بالمكافحة) فى البيئة الطبيعية.

وتتوفر المنتجات التجارية التالية من البكتيريا *Bacillus thuringensis*:

١- منتجات تحتوى على *Bt* subsp. *aizawai* لمكافحة يرقات حرشفية الأجنحة:

Agree WG

XenTari DF

XenTari WDG

٢- منتجات تحتوى على *Bt* subsp. *Kurstaki* لمكافحة يرقات حرشفية الأجنحة:

Deliver

Biobit 32

DiPel 2x

DiPel DF

Javelin WG

٣- منتجات تحتوى على *Bt* subsp. *Isralenis* لمكافحة يرقات الذباب والناموس:

Gnatrol WDG

VectoBac WDG

كما توجد منتجات تحتوى على *Bt* subsp. *Tenebrionis* لمكافحة الخنافس (Caldwell وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفيروسات

إن الفيروسات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات تعد شديدة التخصص، وعادة يكون تخصصها على جنس حشرى واحد، وأحيانًا على نوع حشرى واحد.

ومعظم تلك الفيروسات هى إما nuclear polythdrosis viruses ، وفيها يتجمع عديد من جزيئات الفيرس داخل غلاف بللورى بنواة خلايا الحشرة، وإما granulosis viruses، وفيها يُحاط جزئ فيرسى واحد أو جزيئين بشبه كبسولة حبيبية بروتينية بنواة خلايا الحشرة.

لا بد أن تتناول الحشرات المستهدفة بالمكافحة الفيرس فى غذائها، حيث ينتهى به المطاف إما فى معى الحشرة، وإما فى أنسجة حشرية أخرى كما فى يرقات حرشفية الأجنحة. ينتهى الأمر بالحشرات المصابة إلى سيولة أعضائها الداخلية وموتها، وتصبح هى ذاتها مصدرًا لاستمرار تواجد الفيرس بالحقل (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على النيماتودا

يُكافح عديد من الحشرات والنيماتودا – بيولوجيًا – بالنيماتودا المتطفلة entomopathogenic nematodes، ومن أمثلة الآفات التى تُكافح بها: سوس

الجذور، والخنفساء البرغوثية، وحفار جذور النعناع، وخنفساء كلورادو، واليرقانة البيضاء White grub، وديدان حرشفيات الأجنحة، ونيماتودا النبات مثل نيماتودا تعقد الجذور.

يمكن إكثار هذه النيماتودا المستخدمة فى المكافحة البيولوجية إما على عوائلها الحشرية (*in vivo*)، وإما على بيئة صلبة أو سائلة (*in vitro*).

وأهم ما يميز هذه الطريقة للمكافحة عدم وجود أى تحفظات عليها، وعدم خضوعها لأى إجراءات لتسجيلها (Sharma وآخرون ٢٠١١).

تنتج تلك النيماتودا تجاريًّا فى تانكات تخمير سعة ٣٠–٨٠ ألف لتر وبكثافة تصل إلى ١٥٠ ألف يرقة من الطور المتطفل/مل؛ مما جعل استخدام تلك النيماتودا فى المكافحة فى وضع تنافسى مع استخدام المبيدات.

تُعد النيماتودا فى العائلتين Steinernematidae، و Heterorhabditae متطفلات إجبارية على الحشرات، ولها علاقة معيشة تعاونية مع البكتيريا .*Xenorhabdus* spp التى تلعب دورًا حاسمًا فى حياة النيماتودا. والطور القادر على إصابة الحشرات هو الطور اليرقى الثالث الذى يعيش حرًّا ويتحرك ولا يتغذى، وهو الطور الوحيد من النيماتودا الذى يمكنه البقاء خارج عائله. وعندما يجد هذا الطور اليرقى عائلاً مناسبًا فإنه يدخُلَه من خلال أى من الفتحات الطبيعية مثل الفم والشرج والفتحات التنفسية.

وما إن تصبح النيماتودا داخل جسم الحشرة حتى تُهاجر إلى الـ hemocoel حيث يوجد دم الحشرة، وحيث تبدأ فى التطور. فى البداية تطلق النيماتودا البكتيريا التى سريعًا ما تتكاثر وتؤدى إلى موت الحشرة فى خلال ٢٤–٤٨ ساعة، ويوفر تكاثر البكتيريا بيئة مثالية لنمو وتكاثر النيماتودا. تتغذى النيماتودا النامية على الخلايا البكتيرية وأنسجة الحشرة. وتمر النيماتودا بعدة أجيال داخل الحشرة الميتة إلى أن تنطلق يرقات الطور الثالث مرة أخرى فى البيئة. وتكمل النيماتودا حياتها — عادة — فى خلال ١٠–٢٠ يومًا على حرارة ١٨–٢٨°م (Martin ١٩٩٧).

تدخل النيماتودا المتطفلة على الحشرات فى داخل تلك الحشرات عن طريق فتحات التنفس، أو الفم، أو فتحة الشرج كما أسلفنا، ولكن بعض أنواعها يمكنها اختراق الأجزاء الرقيقة من كيوتكل الحشرة. ويلى دخولها جسم الحشرة إطلاق النيماتودا لبكتيريا معينة هى: *Xenorhabdus luminescens*. هذه البكتريا لا تتواجد إلا مع الأنواع النيماتودية المستخدمة فى المكافحة الحيوية. وبنشاط تلك البكتيريا فإنها تفرز سُمًّا يقضى على الحشرة فى خلال أيام قليلة. وكما أسلفنا.. فإن البكتيريا تتكاثر داخل جسم الحشرة، وتتغذى النيماتودا على البكتيريا، وتكمل النيماتودا نموها وتتناسل وتتكاثر داخل الحشرات الميتة. وفى نهاية الأمر يصبح جسم الحشرة مملوءًا بالنيماتودا، التى تخرج منها باحثة عن أفراد حشرية أخرى لتعيش عليها. ولم يثبت وجود أى ضرر لهذه البكتيريا على النباتات ولا يمكنها إصابتها.

يتضح مما تقدم أن غذاء النيماتودا التى تستعمل فى المكافحة الحشرية هو البكتيريا، وأن تلك البكتيريا هى المتطفل الحقيقى للحشرة. وعلى الرغم من توفر أنواع نيماتودية تتخذ من بعض الحشرات — كالصراصير — غذاء طبيعيًا لها، إلا أنها أقل شيوعًا لأن إكثارها يتطلب استعمال حشرات حية (University of Florida — الإنترنت — ٢٠٠٦).

هذا.. وتسمح وكالة حماية البيئة الأمريكية Environmental Protection Agency (اختصارًا: EPA) باستخدام النيماتودا المتطفلة على الحشرات — والتى تعيش تعاونيًا مع البكتيريا — فى المكافحة دونما حاجة إلى إجراءات التسجيل، الأمر الذى يحدث كذلك فى عديد من الدول الأخرى.

يمكن المعاملة بالنيماتودا بجميع أنواع الرشاشات المستخدمة فى المكافحة بالمبيدات. كما يمكن أن تكون إضافتها من خلال شبكات الرى بالتنقيط وبالرش، ولم يكن لضغط حتى ٢٠٦٨ كيلوباسكال تأثيرات ضارة على النيماتودا، ولكنها أضيرت تحت ضغط ١٣٧٩٠ كيلوباسكال. هذا.. ويتراوح قطر النيماتودا بين ٢٠، و ٢٥ ميكروميتر، بما يسمح لها بالمرور بسهولة من فتحات الرشاشات الغربالية التى يصل قطرها إلى ٥٠ ميكروميتر.

ويتعين رى الحقل قبل المعاملة بالنيماتودا وبعدها لتحقيق أكبر كفاءة ممكنة، فالماء الحر ضرورى لحركة النيماتودا، ولنقلها إلى العمق الذى قد تتواجد فيه الحشرات. ويكفى – عادة – ٦ مم من ماء الرى قبل المعاملة بالنيماتودا، و ٦–١٢,٥ مم بعدها مع استمرار ترطيب التربة لعدة أسابيع بعد المعاملة.

وتتأثر النيماتودا سلبًا بالتعرض – ولو لدقائق معدودة – للأشعة فوق البنفسجية ولحرارة تزيد عن ٣٣°م؛ الأمر الذى تجب الاحتياط له عند المعاملة (Martin ١٩٩٧).

ولقد أمكن مكافحة القواقع *Arion ater*، و *Deroceras reticulatum* فى زراعات الخس المحمية – جوهريًّا – بمعاملة التربة – قبل الزراعة – بالنيماتودا المتطفلة *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٥).

كما أمكن أيضًا مكافحة اليرقانة (البزاقة العريانة) slug (الاسم العلمى *D. reticulatum*) فى الكرنب الصينى حيويًّا بمعاملة التربة بنفس النيماتودا *P. hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٦)، ويكفى مجرد رش التربة بمعلق النيماتودا حول النباتات (Hass وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أعطت المعاملة بالنيماتودا *X. nematophilus* نتائج مماثلة لمعاملة الرش باللانيت Lannate فيما يتعلق بمكافحة الخنفساء *Tropinota squalida* على القنبيط فى مصر (Abdel-Razek ٢٠١٠).

المنتجات التجارية للمكافحة الحيوية

تبعًا لـ Fravel (٢٠٠٥).. فإن مبيعات منتجات المكافحة الحيوية – على كثرة عددها – لا تُمثل سوى حوالى ١٪ من إجمالى مبيعات المركبات الكيميائية الزراعية.

ومن بين الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية، والتحضيرات التجارية لها، ما يلى (Gardner & Fravel ٢٠٠٢).

الكائن الدقيق للمكافحة الحيوية	التحضيرات التجارية
• بكتيريا :	
Agobacterium radiobacter	Galltrol
	Nogall
Bacillus spp.	Companion
	HiStick N/T
	Kodiak
	Serenade
	YieldShield
Burkholeria cepacia	Deny
	Intercept
Pseudomonas spp.	BioJect Spot-Less
	Bio-save
	BlightBan
	Cedomon
Stresptomyces spp.	
• فطريات :	
Ampelomyces quisqualis	AQ10
Candida oleophila	Aspire
Coniothyrium minitans	Contans WG/Intercept WG
Myrothecium verrucaria (مقتول)	DiTera
Trichoderma spp.	Plantshield/Rootshield/ T-22 Planter box
Gliocladoium spp.	Soilgard
	Primastop

وتضم القائمة التالية تفاصيل عن أهم التحضيرات التجارية المستخدمة فى مكافحة الأمراض النباتية الفطرية، وطرق المعاملة بها (عن Navi & Bandyopadhyay ٢٠٠٢، و Gardner & Fravel ٢٠٠٢):

١- المنتج التجارى AQ10:

يحتوى على العزلة M-10 من الفطر *Ampelomyces quisqualis*. يستخدم فى مكافحة البياض الدقيقى فى الطماطم والفراولة والقرعيات.

يتوفر فى صورة حبيبات تنتشر فى الماء.

يستخدم رشًا.

إنتاج .Ecogen, Inc فى ولاية بنسلفانيا الأمريكية.

٢- Bio-Fungus (سابقًا: Anti-Fungus):

يحتوى على .*Trichoderma* spp.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الخضر والفراولة التى تسببها الفطريات:

Phytophthora	*Sclerotinia*
Pythium	*Rhizoctonia solani*
Verticillum	*Fusarium*

يتوفر فى صورة حبيبات، ومسحوق قابل للبلل.

يُعامل به بعد تبخير التربة، وذلك بخلطه بالتربة، أو رشًا أو حقنًا.

إنتاج .De Ceuster, Meststoffen, N. V فى بلجيكا.

٣- Binab T:

يحتوى على العزلة ATCC20476 من *Trichoderma harzianum*، والعزلة ATCC20475 من *Trichoderma polysporum*.

يُستخدم في مكافحة أمراض الخضر الفطرية التي تُسبب الذبول، وأعفان الجذور.

يتوفر في صورة مسحوق قابل للبلل وأقراص.

إنتاج Bio-Innovation AB في السويد.

٤- Biofox C:

يحتوى على عزلة غير ممرضة من الفطر *Fusarium oxysporum*.

يُستخدم في مكافحة أمراض الطماطم التي تُسببها فطريات *F. oxysporum*، و *F. moniliforme* إنتاج S.I.A.P.A. في إيطاليا.

٥- Contans:

يحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*.

يُستخدم في مكافحة أمراض الخضر (مثل الخس والفاصوليا والطماطم) التي يسببها الفطرين: *Sclerotinia minor*، و *Sclerotinia sclerotiorum*.

يتوفر في صورة حبيبات تنتشر في الماء.

يُستخدم رشًا.

إنتاج Prophyta Biologischer Pflanzenschutz GmbH في ألمانيا.

٦- Fusaclean:

يحتوى على عزلة غير ممرضة من الفطر *Fusarium oxysporum*.

يُستخدم في مكافحة أمراض الطماطم والأسبرجس التي يسببها الفطر *Fusarium oxysporum*.

يتوفر في صورة جراثيم وحبيبات دقيقة.

يُخلط بمخاليط الزراعة وتُعامل به خطوط الزراعة.

إنتاج Natural Plant Protection في فرنسا.

٧- Koni:

يحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الخيار والخس والفلفل والطماطم فى الزراعات المحمية التى يسببها الفطرين *Sclerotinia sclerotiorum*، و *S. minor*.

يتوفر فى صورة حبيبات.

تُخلط الحبيبات بالتربة أو بمخاليط الزراعة.

إنتاج BIOVED بالمجر.

٨- Paecil (يعرف كذلك باسم Bioact):

يحتوى على الفطر *Paecilomyces lilacinus*.

يُستعمل فى مكافحة مختلف أنواع النيماتودا التى تُصيب الطماطم والبطاطس.

يتوفر فى صورة مركز من الجراثيم الجافة.

تُسقى البادرات أو التربة بمعلق المستحضر.

إنتاج Technological Innovation فى النمسا

٩- Polyversum (سابقًا: Polygandron).

يحتوى على الفطر *Pythium oligandrum*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الطماطم والبطاطس والفلفل والخيار والصليبيات والفراولة والبقوليات وغيرها من الخضر التى تسببها فطريات:

Fusarium spp.	*Pythium* spp.
Phytophthora spp.	*Botrytis* spp.
Alternaria spp.	*Aphanomyces* spp.

Rhizoctonia solani *Tilletia caries*

Sclerotium cepivorum

يتوفر فى صورة مسحوق قابل للبلل.

يُستخدم رشًا وسقيًا للجذر والساق.

إنتاج Bioperparaty Ltd فى جمهورية التشيك.

١٠- Primastop:

يحتوى على الفطر *Gliocladium catenulatum*.

يُستخدم فى مكافحة خضر البيوت المحمية التى تُسببها فطريات:

Rhizoctonia solani *Pythium* spp.

Didymella spp. *Botrytis* spp.

يتوفر فى صورة مسحوق قابل للبلل

يُستخدم سقيًا وخلطًا بالتربة.

إنتاج Kemira Agro Oy فى فنلندا

١١- Protus WG:

يحتوى على العزلة V117b من الفطر *Talaromyces flavus*:

يُستخدم فى مكافحة أمراض الطماطم والخيار والفراولة التى تسببها فطريات:

Verticillium dahliae

Verticillium albo-atrum

Rhizoctonia solani

يتوفر كمسحوق ينتشر فى الماء يحتوى على جراثيم أسكية للفطر.

يُستخدم فى معاملة التربة أو البذور، وسقيًا للتربة، وفى غمس الجذور.

إنتاج GmbH فى ألمانيا.

١٢- Root Pro:

يحتوى على الفطر *Trichoderma harzianum*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الخضر التى تسببها الفطريات:

Pythium spp. | *Rhizoctonia solani*

Sclerotium rolfsii | *Fusarium* spp.

يتوفر فى صورة جراثيم للفطر مخلوطة مع البيت ومادة عضوية.

يُخلط التحضير التجارى مع بيئة الزراعة وقت زراعة البذور أو الشتل.

إنتاج Mycontrol Ltd فى إسرائيل:

١٣- RootShield T22G (ويعرف كذلك باسم T-22 Planter Box، و Bio Trek):

يحتوى على السلالة T-22 من الفطر *Trichoderma harzianam*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الشتلات وأمراض الطماطم والخيار والفاصوليا والكرنب والبطاطس التى تسببها الفطريات:

Rhizoctonia solani | *Pythium* spp.

Sclerotinia spp. | *Fusarium* spp.

يتوفر فى صورة حبيبات، ومساحيق جافة أو قابلة للبلل.

تُضاف الحبيبات فى خطوط الزراعة آليًا، أو تخلط مع التربة ومخاليط الزراعة، أو تضاف نثرًا.

إنتاج Bioworks, Inc. فى نيويورك.

١٤- Trieco:

يحتوى على الفطر *Trichoderma viride*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الخضر التى تسببها فطريات:

Pythium spp.

Rhizoctonia spp.

Fusarium spp.

وبخاصة أمراض أعفان الجذور وأعفان البادرات وعفن الرقبة وسقوط البادرات والذبول الفيوزارى.

يتوفر فى صورة مسحوق.

يُستخدم فى المعاملة الجافة أو المبتلة للبذور والدرنات والبصيلات، أو يضاف سقيًا للتربة، أو نثرًا على سطح التربة.

إنتاج Ecosense Labs فى الهند.

١٥- Trichodex:

يحتوى على الفطر *Trichoderma harzianum*.

يُستخدم فى مكافحة أمراض الخيار والطماطم والفراولة التى تُسببها فطريات:

Botrytis cinerea

Fulvia fulva

Colletotrichum spp.

Pseudoperonospora cubensis

Rhizopus stolonifer

Sclerotinia sclerotiorum

يتوفر فى صورة مسحوق قابل للبلل.

يُستخدم رشًا.

إنتاج Makhteshim Chemical Works, Ltd فى نيويورك.

١٦- Trichopel (يعرف كذلك بالإسمين: Trichoject، و Trichoseal):

يحتوى على الفطرين *Trichoderma harzianum*، و *T. viride*.

يُستخدم فى مكافحة الفطريات:

Phytophthora | *Fusarium*

Rhizoctonia | *Pythium*

إنتاج Agrimm Technologies, Ltd فى نيوزيلندا .

١٧- Trichoderma 2000:

يُستخدم فى مكافحة أمراض المشاتل التى تُسببها الفطريات:

Pythium spp. | *Rhizoctonia solani*

Pythium spp. | *Sclerotium rolfsii*

Fusarium spp.

يخلط مع مخاليط الزراعة أو مع التربة.

إنتاج Mycontrol, Ltd فى إسرائيل.

١٨- المنتج التجارى Actinovate:

يحتوى على الفطر *Streptomyces lydicus*.

يستخدم فى مكافحة أمراض التربة فى المشاتل والبيوت المحمية.

يتوفر فى صورة حبيبيات تنتشر فى الماء.

يستخدم سقيًا للتربة.

إنتاج Natural Industries, Inc. فى ولاية تكساس الأمريكية.

١٩- المنتج التجارى BlightBan A506:

يحتوى على السلالة A506 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*.

يستخدم فى الحماية من الصقيع وفى مكافحة *Erwinia amylovora* فى البطاطس والطماطم والفراولة.

يتوفر فى صورة مسحوق قابل للبلل.

يُستخدم رشًا وقت الإزهار والإثمار.

إنتاج NuFarm Inc. بالولايات المتحدة.

٢٠- المنتج التجارى Companion:

يحتوى على سلالات من *Bacillus subtilis* منها السلالة GB03، والبكتيريا *B. lischenformis*، و *B. megaterium*.

يُستخدم فى مكافحة فطريات: *Rhizoctonia*، و *Pythium*، و *Fusarium*، و *Phytophthora* فى المشاتل والبيوت المحمية.

يتوفر فى صورة سائلة.

يُستخدم سقيًا للتربة وقت زراعة البذور أو الشتل.

إنتاج Growth Products فى ولاية نيويورك الأمريكية.

٢١- المنتج التجارى Deny:

يحتوى على البكتيريا *Burkholderia cepacia* type Wisconsin.

يُستخدم فى مكافحة فطريات: *Rhizoctonia*، و *Pythium*، و *Fusarium*، والأمراض التى تسببها نيماتودا التقرح والنيماتودا الواخذة والنيماتودا الحلزونية والنيماتودا الرمحية فى البقول والخضر.

يتوفر فى صورة كتلة بيولوجية مجففة لبيئة زراعة أساسها البيت موس،وكذلك كمعلق مائى.

يُستخدم فى معاملة البذور مع استخدام مادة لاصقة، ويستخدم المعلق المائى مع ماء الرى بالتنقيط.

إنتاج Stine Microbial Products بولاية تِنِّسى الأمريكية.

٢٢- المنتج التجارى Mycostop:

يحتوى على السلالة K61 من *Streptomyces griseoviridis*.

يُستخدم فى مكافحة فطريات: *Fusarium* spp.، و *Alternaria brassicola*، و *Phomopsis* spp.، و *Pythium* spp.، و *Phytophthora* spp. التى تسبب أعفان البذور والجذور والسيقان، والذبول فى محاصيل الخضر.

يتوفر فى صورة مسحوق.

يستخدم سقيًا للتربة، ورشًا، ومع ماء الرى بالتنقيط.

إنتاج Kemira Agro Oy بفنلندا.

٢٣- المنتج التجارى Serenade:

يحتوى على السلالة QST716 من البكتيريا *Bacillus subtilis*.

يُستخدم فى مكافحة البياض الدقيقى، والبياض الزغبى، وتبقع أوراق سركسبورا، والندوة المبكرة، والندوة المتأخرة فى الخضر.

يتوفر فى صورة مسحوق قابل للبلل.

يُستخدم رشًا.

إنتاج AgraQuest, Inc. بولاية كاليفورنيا الأمريكية.

٢٤- المنتج التجارى SoilGard:

يحتوى على الترايكودرما *Gliocladium virens* (السلالة GL-21).

يُستخدم فى مكافحة مسببات أمراض تساقط البادرات وأعفان الجذور — وخاصة تلك التى يُسببها *Rhizoctonia solani*، و *Pythium* spp. — فى البيوت المحمية والمشاتل.

يتوفر على صورة حبيبية.

يُستخدم خلطًا بالتربة أو بيئات الزراعة قبل الزراعة.

إنتاج Certis, inc. بولاية ميدلاند الأمريكية.

ونقدم فى جدول (٨-٨) قائمة أخرى مفصلة — بها بعض التكرار — لأهم المنتجات التجارية المستخدمة فى المكافحة الحيوية، وما تحتوى عليه من كائنات دقيقة، والمحاصيل التى تُستخدم معها، والأمراض والمسببات المرضية المستهدفة بالمكافحة.

جدول (٨-٨): بعض المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية (عن **Vann** ٢٠١٢).

المنتج التجارى	كائنات المكافحة الحيوية	المحاصيل المستخدمة معها	الأمراض المستهدفة ومسبباتها
Agriphage TM	Bacteriophages of *Xanthomonas* spp. and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*	الطماطم والفلفل	Bacterial spot in pepper and tomatoes and bacterial speck in tomatoes
Bio-Save® 10LP	*Pseudomonas syringae* strain ESC10	ثمار الحلويات والحمضيات بعد الحصاد	Ice-inducing bacteria and biological decay
Bloomtime Biological TM	*Pantoea agglomerans* strain E325	التفاح والكمثرى	Fire blight (*Erwinia amylovora)*

يتبع

تابع جدول (٨-٨).

المنتج التجارى	كائنات المكافحة الحيوية	المحاصيل المستخدمة معها	الأمراض المستهدفة ومسبباتها
Bloomtime Biological ™FD		التفاح والكمثرى	Fire blight (*Erwinia amylovora)*
Actinovate® AG	*Streptomyces lydicus* WYEC108	الخضراوات وعديد من الفواكه ونباتات الزينة والنباتات الطبية والمحاصيل الجذرية	**Soilborne pathogens**: *Pythium* spp. *Rhizoctonia* spp. *Phytophthora* spp. *Fusarium* spp. *Verticillium* spp., *Phymatotrichum omnivorum* and other root decay fungi. **Foliar pathogens**: *podosphaera* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotinia* spp. *Monillinia* spp., *Alternaria* spp.,*Peronospora* spp. and other foliar fungi.
Actinovate® SP		نباتات البيوت المحمية والمشاتل والمسطحات الخضراء	**Soilborne pathogens**: *Pythium* spp. *Rhizoctonia* spp. *Phytophthora* spp. *Fusarium* spp. *Verticillium* spp., *Phymatotrichum omnivorum* and other root decay fungi. **Foliar pathogens**: *podosphaera* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotinia* spp. *Monillinia* spp., *Alternaria* spp.,*Peronospora* spp. and other foliar fungi.
Ballad®Plus Biofungicide	*Bacillus pumilus* QST 2808	فول الصويا والحبوب والبطاطس	Rust, powdery mildew, Cercospora and brown spot
Contans® WG	*Coniothyrium minitans* strain CON/M/91-08	التربة الزراعية	Sclerotinia minor, Sclerotinia sclerotiorum
Kodiak® Concentrate Biological	*Bacillus subtillis* GB03	الحبوب والقطن والفول السودانى والبسلة والفاصوليا	*Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* and others that attack the root systems of plants

يتبع

تابع جدول (٨-٨).

المنتج التجارى	كائنات المكافحة الحيوية	المحاصيل المستخدمة	الأمراض المستهدفة ومسبباتها
Plant Shield® HC Biological Foliar and Root Fungicide	*Trichoderma harzianum* Rifai strain KRL-AG2	جميع الخضراوات ونباتات الزينة والزراعات المائية ونباتات المشاتل والحلويات والفاكهة ذات النواة الحجرية والنقل	*Fusarium*, *Pythium* and *Rhizoctonia*
RootShield® Granules		جميع الخضراوات ونباتات الزينة والزراعات المائية ونباتات المشاتل والحلويات والفاكهة ذات النواة الحجرية والنقل	*Fusarium*, *Pythium* and *Rhizoctonia*
Serenade® Garden Disease Control Concentrate	*Bacillus subtillis* strain QST713	الخضر والفاكهة والزهور	Bacterial spot, powdery mildew, rust, gray mold, leaf blight, scab and more
Serenade® Garden Disease Control Ready to Use		الخضر والفاكهة ونباتات الزينة والأشجار والشجيرات	Bacterial spot, powdery mildew, rust, gray mold, leaf blight, scab and more
Serenade® MAX™		الخضر والفاكهة والنقل	Fire blight, botrytis, sour rot, rust, *Sclerotinia*, powdery mildew, bacterial spot and white mold
Serenade® Wettable Powder Biofungicide		الخضر والفاكهة والنقل	Fire blight, Botrytis sour rot, rust, *Sclerotinia*, powdery mildew,bacterial spot and white mold
Serenade® ASO		الخضر والشيرى	Fungi and bacteria that cause scab, powdery mildew, sour rot, downy mildew and early leaf spot, early blight, late blight, bacterial spot and walnut blight diseases

يتبع

تابع جدول: (٨-٨).

المنتج التجارى	كائنات المكافحة الحيوية	المحاصيل المستخدمة معها	الأمراض المستهدفة ومسبباتها
SoilGard 12G	*Trichoderma virens* (formerly *Gliocladium virens*)	الزراعات المحمية ونباتات الزينة	*Pythium, Rhizoctonia* and root rots
Sonata®	*Bacillus pumilus* QST 2808	الزراعات المحمية والمشاتل والأشجار	Fungal pests such as molds, mildews, blights and rusts
T-22™ HC	*Trichoderma harzianum* Rifai strain KRL-AG2	المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر والمحاصيل الجذرية والبقولية	*Fusarium, Pythium* and *Rhizoctonia*
T-22 ™ Planter Box		المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر والمحاصيل الجذرية والبقولية	*Fusarium*, *Pythium* and *Rhizoctonia*
Yield Shield® Concentrate Biological Fungicide	*Bacillus pumilus* GB34	البقوليات	*Rhizoctonia*, *Fusarium*
Rhapsody®	*Bacillus subtilis* QST 708	الخضر ونباتات الزينة والزهور والمسطحات الخضراء	Fungal and bacterial diseases: brown patch, anthracnose and dollar spot

ولمزيد من التفاصيل المتعلقة بالمنتجات التجارية المستخدمة فى المكافحة الحيوية .. يراجع Ristaino & Thomas (١٩٩٧)، و Navi & Bandyopadhyay (٢٠٠٢)، و Schisler وآخرين (٢٠٠٤).



الفصل التاسع

الطماطم

تُعد الطماطم أهم الخضر الباذنجانية، والتى تتضمن إلى جانب الطماطم كلاً من الفلفل والباذنجان (يعرف ثلاثتهم بالباذنجانيات الثمرية) والبطاطس وهى من المحاصيل الدرنية.

تشترك الخضر الباذنجانية فى كثير من الأمراض التى تصيبها، وطرق مكافحتها. ويبين جدول (٩-١) أهم المسببات المرضية التى تصيب تلك الخضر، والأهمية النسبية لمختلف وسائل المكافحة المتكاملة التى تتبع معها.

جدول (٩-١) : أهم المسببات المرضية للخضر الباذنجانية، ومدى استجابتها لمختلف وسائل المكافحة المتكاملة (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المسبب المرضى	مدى خطورته [أ]	مدى كفاءة وسائل المكافحة المتكاملة[ب]			
		الدورة الزراعية	التبخير والتعقيم	التطعيم والمقاومة	الوسائل الأخرى[ج]
Verticillium dahliae					
∘ السلالة ١	٤	١	٣	٤	١
∘ سلالات أخرى غير ١	٤	١	٣	٢	١
Verticillium albo-atrum	٤	١	٣	٤	١
Fusarium oxysporium f. sp. *lycopersici*					
∘ السلالات: 2.1.0 (سابقاً: 1. 2. 3)	٤	١	٢	٤	١
∘ السلالات: 0. 1&2 (سابقاً: 1. 2&3)	٤	١	٢	٤	١
Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*	٢	١	٢	٤	١
Fusarium oxysporum f. sp. *redolans*	١	٢	٣	٣	١
Fusarium oxysporum f. sp. *melongenae*	٢	١	٢	٤	١

يتبع

تابع جدول (٩-١).

المسبب المرضى	مدى خطورته (أ)	مدى كفاءة وسائل المكافحة المتكاملة (ب)			
		الدورة* الزراعية	التبخير والتعقيم	التطعيم والمقاومة	الوسائل الأخرى (ج)
Sclerotium rolfsii	٣	١	٣	٢	٢
Pyrenochaeta lycopersici	٣	٢	٤	٤	١
Colletotrichum coccodes	٢	٣	٤	١	٢
Rhizoctania solani	١	٢	٤	١	٣
Phytophthora (*capsici, nicotianae, cryptogea, parasitica*)	٤ للفلفل ١ للطماطم ١ للباذنجان	٢	٢	٢	٢
Ralstonia solanacearum	٤	١	١	٤	٢
Clavibacter michiganensis Subsp. *michiganensis*	٣	٣	١	-	٣
Root knot nematodes	٤	٣	٤	٤	٣
Tomato spotted wilt virus	٤	–	–	–	–
Broomrape	٤	١	٤	٣	١

أ- من ١ : قليل الخطورة إلى ٤ : شديد الخطورة

ب- من ١ : قليلة الجدوى والكفاءة إلى ٤ : عالية الجدوى والكفاءة.

ج- من وسائل المكافحة المتكاملة الأخرى: الإغراق flooding، والتشميس، والتطهير، والحراثة العميقة...إلخ.

الذبول الطرى (أو تساقط البادرات)

المكافحة بالبكتيريا

أمكن عمل عزلتان من *Pseudomonas putida* (هما: PFATR، و KKM1) و١٨ عزلة من *P. fluorscens*، أظهرت منها — جميعًا — العزلة Pf1 من *P. fluorescens* أقصى تثبيط لنمو الغزل الفطرى للمسبب المرضى *Pythium aphanidermatum*، وزيادة فى نمو نباتات الطماطم والفلفل. وكانت تلك العزلة فعالة — كذلك — فى تقليل الإصابة

بالذبول الطرى في كل من الطماطم والفلفل تحت ظروف الصوبة والحقل، كما ازداد فى النباتات المعاملة بالعزلة والفطر نشاط كلاً من :الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ polyphenol oxidase، وازداد فيها تراكم الفينولات (Ramamoorthy وآخرون ٢٠٠٢).

كما أظهرت البكتيريا *Calothrix elenkenii* قدرة على مكافحة الفطر *P. aphanidermatum* — مسبب مرض سقوط البادرات — فى الطماطم (Manjunath وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالزيوت الأساسية

أمكن مكافحة تساقط البادرات الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* بتزويد بيئة الزراعة بالنموات الخضرية لنبات الموناردا Monarda (وهو نعناع أمريكى) يحتوى على زيوت أساسية يدخل ضمن تركيبها مركبات مضادة للبكتيريا (Gwinn وآخرون ٢٠١٠).

أعفان الجذور

من بين أهم الفطريات التى تسبب أعفانًا بجذور الطماطم كلاً من: *Rhizoctonia solani* (مسبب مرض عفن الجذور الرايزكتونى)، و *Sclerotinia sclertiorum* (مسبب مرض العفن القطنى)، و *Sclerotium rolfsii* (مسبب مرض اللفحة الجنوبية)، و *Pyrenochaeta lycopersici* (مسبب مرض عفن الجذور الفلينى)، وهى التى تناقش بدائل مكافحتها معًا.

المكافحة بالتطعيم

أدى تطعيم الطماطم على أى من الأصول Big Power، و Beaufort، و Maxifort — وجميعها من الهجن النوعية — إلى خفض شدة الإصابة باللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* إلى نحو صفر — ٥٪، مقارنة بنسبة إصابة بلغت ٢٧٪، و٧٩٪ (فى موقعين للدراسة) فى نباتات الكنترول. كذلك أفاد التطعيم على أى من الهجن النوعية

إلى خفض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور وخفض كثافة تواجد النيماتودا فى التربة عند الحصاد، وخاصة عندما استخدم الهجين النوعى Big Power كأصل. وفى كل الحالات أدى التطعيم على الهجن النوعية إلى زيادة محصول الثمار وحافظ على إنتاج محصول جيد فى تربة ملوثة بكل من *S. rolfsii* ونيماتودا تعقد الجذور (Rivard وآخرون ٢٠١٠).

ويُسبب الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مرض عفن الجذر الفلينى فى كل من الطماطم والباذنجان، وخاصة فى الجو البارد (عندما تكون حرارة التربة حوالى ١٨ °م). وتُفيد الهجن النوعية كأصول لمقاومة المرض، ومنها: Brigeor للباذنجان، و Beaufort للطماطم (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالبكتيريا

أظهرت عزلات من الجنسين البكتيريين .*Bacillus* spp، و .*Pseudomonas* spp كفاءة عالية — نسبيًّا فى مكافحة الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotinia sclerotiorum* فى الطماطم (Soylu وآخرون ٢٠٠٥).

وأمكن مكافحة كل من الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotium rolfsii* فى الطماطم بنسبة تراوحت بين ٥٨٪، و٧٣٪ بحقن بعض الأنواع البكتيرية المضادة لها من خلال شبكة الرى بالتنقيط، وهى: السلالة T1A-2B من *Burkholderia cepacia*، والسلالة T4B-2A من .*Pseudomonas* sp، اللتان كان تأثيرهما مماثلاً لتأثير المعاملة بالترايكودرما *Trichoderma asperellum* وبعض المبيدات (DeCurtis وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالإضافات العضوية للتربة والشيتين والشيتوسان

قللت إضافات المادة العضوية للتربة (نباتات كرنبيات، وكمبوست المخلفات المنزلية، وكمبوست سبلة الماشية) من شدة الإصابة بفطريات التربة التى تُصيب الطماطم (*Pyrenchaeta lycopersici*، و *Verticillium albo-atrum*) وأدت إلى زيادة محصول الثمار. كذلك ازداد النشاط البيولوجى فى التربة بزيادة الإضافات العضوية، ووجدت ارتباطات جوهرية موجبة بين النشاط البيولوجى فى التربة، والوزن الطازج للجذور،

ومحصول الثمار. ويعنى ذلك أن أحد آليات مكافحة الأمراض فى التربة بالإضافات العضوية ربما يكون مرده إلى زيادة منافسة كائنات التربة الدقيقة لها.

كذلك فإن إضافات الشيتين والشيتوسان قللت جوهريًا من أمراض التربة والإصابة المرضية، وأدت إلى زيادة محصول الثمار وعددها وأحجامها، لكن لم يكن لها أى تأثير على النشاط البيولوجى فى التربة.

وفى المقابل لم يكن لكل من المعاملة بـ *Bacillus subtilis*، و *Pythium oligandrum*، ومستخلص الحشائش البحرية التجارى Marinure، ومستحلب السمك المغذى Nugro أى تأثير إيجابى على مكافحة أمراض التربة أو محصول الثمار.

وبذا.. فإن الإضافات العضوية منفردة أو مع الشيتين والشيتوسان تفيد فى مكافحة أمراض التربة (Giotis وآخرون ٢٠٠٩).

الذبول الفيوزارى

المكافحة بالتطعيم

تتحكم ثلاثة جينات I ، وI-2، وI-3 (يرمز I للمناعة immunity) فى المقاومة للسلالات 0، 1، 2 — على التوالى — من الفطر *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* المسبب للذبول الفيوزارى فى الطماطم. ولقد أُدخلت هذه الجينات فى عديد من أصناف الطماطم التجارية، لكن الأصناف المطلوبة تجاريًا غير المقاومة — ومنها الأصناف القديمة المتوارثة heirloom varieties — تحتاج إلى أصول من الهجن النوعية المقاومة، وتتوفر بالفعل الأصول التى تحمل الجينين I، وI-2، علمًا بأنهما يوفران مقاومة كاملة.

كذلك نُقلت المقاومة للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*– التى يتحكم فيها الجين Fr1 — إلى عديد من أصناف الطماطم ويستفاد منها فى عديد من الهجن النوعية المستخدمة كأصول.

إن من أهم الهجن النوعية (*Solanum lycopersicum* × *Solanum* spp.) المستخدمة كأصول للطماطم، ما يلي:

Big Power	Beaufort
He-Man	Brigeor
Popeye	Maxifort

وتُعد جميع هذه الهجن (الأصول) مقاومة لكل من: السلالاتين 0، و 1 من فطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (لكن أى منها لا يقاوم السلالة 2 من الفطر)، والفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، والسلالة 1 من فطر ذبول فيرتسيليم *Verticillum dahliae*، والفطر *Pyrenochaeta lycopersici*، وأنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne arenaria* و *M. javanica* و *M. incognita* (باستثناء الهجين Popeye الذى لا تُعرف مقاومته للنيماتودا)، وفيرس موزايك الطماطم، كما تتوفر المقاومة العالية للفطر *Sclerotium rolfsii* فى كل من الهجن: Beaufort، و Big Power، و He-Man، و Maxifort، بينما تصاب جميع الهجن النوعية المستخدمة كأصول لبكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearurm*.

أما بالنسبة لأصناف الطماطم المستخدمة كأصول مقاومة، فمن أهمها ما يلى:

مسلسل	الصنـف
١	CRA 66
٢	Dai Honmei
٣	Hawaii 7996
٤	Hawaii 7998
٥	RST-04-105
٦	TMZQ702

وتتوفر المقاومة لمختلف المسببات المرضية فى مختلف الأصول، كما يلى:

المسبب المرضى	الأصناف العالية المقاومة	الأصناف المتوسطة المقاومة
فطر الذبول الفيوزارى		
السلالة 0	٢، ٣، ٥، ٦	
السلالة 1	٣، ٥، ٦	
فطر ذبول فيرتسيليم السلالة 1	٢، ٥، ٦	
Pyrenochaeta lycopersici	٢، ٥	
نيماتودا تعقد الجذور	٥	
بكتيريا الذبول	١، ٢، ٣	٤، ٥، ٦
Sclerotium rolfsii		٢، ٥، ٦
فيرس موزايك الطماطم	٢، ٥، ٦	

(Louwes وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالترايكودرما

استخدمت فطريات الترايكودرما *Trichoderma harzianum*، و *T. viride*، و *T. hamatum* فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، ووجد أنها جميعًا كانت قادرة على إنتاج الإنزيمين المحللين: β-1,3-glucanase ، و chitinase بكفاءة — خاصة فى وجود مادة الجدر الخلوية للمسبب المرضى — وكان أكفأها *T. harzianum*. كما حدث تحلل لغزل الفطر المسبب للمرض لدى معاملته براشح أيض فطريات الترايكودرما. وتحت ظروف الحقل قللت المعاملة بالفطريات الثلاثة الإصابة المرضية بالذبول الفيوزارى، وكان *T. harzianum* أفضلها (Ojha & Chatterjee ٢٠١١).

المكافحة بالفطر *Penicillium oxalicum*

أدت معاملة شتلات الطماطم — وهى فى المشتل — بالفطر *Penicillium oxalicum* إلى تقليل إصابتها بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* فى حجرات النمو بنسبة ٤٥٪– ٤٩٪، وفى الصوبة الزجاجية بنسبة ٢٢٪– ٦٩٪، واستمر تأثير المعاملة لمدة ٦٠–١٠٠ يوم بعد العدوى بالفطر المرض فى الصوبة. هذا.. ولم تكن معاملة البذور بالفطر *P. oxalicum*

مؤثرة فى خفض الإصابة بالذبول الفيوزارى، كما لم تؤثر المعاملة بفطر المكافحة الحيوية — بأية طريقة — على تواجد الفطر المرض في المحيط الجذرى لنباتات الطماطم (de Cal وآخرون ١٩٩٩).

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*

أدت معاملة الطماطم بالسلالة Pf1 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى الحد من إصابة الجذور بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى. وقد صاحب ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والبيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والكاتاليز، والـ β-1,3-glucanase وكانت المعاملة قد أجريت بغمس جذور الشتلات + سقى التربة + رش النموات الخضرية. وكانت بداية الزيادة فى نشاط تلك الإنزيمات من اليوم الثالث، وبلغت أعلى معدلاتها فى اليوم الثامن إلى التاسع، ثم تناقضت تدريجيًّا بعد ذلك (Manikandan & Raguchander ٢٠١٤).

كما حققت المعاملة بالـ DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) والبكتيريا *Pseudomonas* (العزلة CW2) — معًا — مكافحة جيدة للذبول الفيوزارى فى الطماطم (Hassan & Buchenauer ٢٠٠٩).

البكتيريا *Brevibacillus brevis*

أعطت معاملة الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى *Brevibacillus brevis* مكافحة جيدة للفطر *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Chandel وآخرون ٢٠٠٩).

ذبول فيرتسيليم

المكافحة بالتطعيم

يشيع استخدام التطعيم على أصول مقاومة فى مكافحة ذبول فيرتسيليم فى كل من الطماطم والباذنجان، وبدرجة أقل فى القرعيات (تراجع الممارسات الزراعية).

ويُعد الفطر *Verticillium dalhiae* هو المسبب الرئيسي للمرض، وبدرجة أقل كثيرًا الفطر *V. albo-atrum*، وهما يختلفان فى عدد من الأمور؛ فالأول (*V. dalhiae*) ينتج أجسامًا حجرية صغيرة microsclerotia يمكنها البقاء فى التربة وفى بقايا النباتات لمدة ١٤ سنة وتبقى نشطة فى حرارة تزيد عن ٣٠ْم، بينما الثانى (*V. albo-atrum*) يُنتج غزل فطرى قاتم السواد يمكنه البقاء فى التربة والبقايا النباتية لمدة ٢-٥ سنوات، ولا يُنتج أجسامًا حجرية، ولا يكون نشطًا فى حرارة تزيد عن ٣٠ْم. يُشكِّل الفطر الأول مشكلة كبيرة فى عدد كبير من المحاصيل الزراعية، ويمكن لمعظم سلالاته إصابة مدى واسعًا من الحشائش؛ مما يجعله قادرًا على البقاء فى التربة لمدة طويلة، ويحد من كفاءة الدورة الزراعية فى مكافحته.

يتحكم فى المقاومة لذبول فيرتسيليم فى الطماطم الجين Ve. يسمح هذا الجين بمقاومة السلالة رقم 1 من الفطر، بينما تتغلب جميع السلالات الأخرى للفطر (تسمى السلالة 2) على تلك المقاومة، ولم يمكن التعرف فى الطماطم على مقاومة للسلالة 2. أما فى الخضر الثمرية الأخرى فإن المقاومة للفطر إما أنها لم تعرف أصلاً، وإما أنها لم يمكن نقلها إلى أصناف أو أصول مناسبة.

وعلى الرغم من أن استخدام أصول من الطماطم كان كافيًا لمكافحة ذبول فيرتسيليم فى الطماطم، إلاّ أن غالبية الدراسات استُخدِمت فيها هجنًا نوعيه للجنس *Solanum* (جنس الطماطم.. وهو الذى كان سابقًا *Lycopersicon*)، وخاصة الهجين: *Solanum lycopersicum* × *S. habrochaites*. ويُشار إلى هذا الهجين باسم KNVF (حيث تفيد K مقاومة عفن الجذور الفلينى corky root rot، و N مقاومة نيماتودا تعقد الجذور، وV مقاومة ذبول فيرتسيليم، و F مقاومة الذبول الفيوزارى). لا يوفر هذا الهجين مقاومة للسلالة 2 من ذبول فيرتسيليم، لكنه يكسب الطُعم قوة نمو تُفيد فى تأخير وتقليل أعراض الذبول وشدتها؛ مما يجعل الطعم يبدو متحملاً للمرض (Louws وآخرون ٢٠١٠).

عفن التاج والجذر الفيوزارى

المكافحة الحيوية

أدى سقى التربة بمنتج المكافحة الحيوية RootShield إلى خفض موت الطماطم فى البيوت المحمية نتيجة لحمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* – مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى – إلى ٥,٥٪، وكانت النباتات المعاملة أكثر إنتاجًا للثمار (Hibar وآخرون ٢٠٠٦).

كما أحدثت معاملة مخاليط زراعة الطماطم بأى من البكتيريا *Chryseomonas luteola*، أو *Serratia liquifaciens*، أو *Aeromonas hydrophila* – المتحصل عليها من كمبوست السبلة الحيوانية – خفضًا جوهريًا فى شدة الإصابة بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى (Kerkeni وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بالشيتوسان

أحدثت معاملة وسط زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥ أو ٣٧,٥ مجم/لتر خفضًا جوهريًا فى موت النباتات الذى تسببه الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، وفى أعراض عفن الجذور والفقد المحصولى. وفى غياب الفطر المرض لم يكن للمعاملة بالشيتوسان تأثيرًا ضارًا على النمو النباتى أو المحصول. وقد أدت المعاملة إلى زيادة مقاومة النباتات لاستعمار الفطر المرض لها، وانحصر تواجده فى نسيج البشرة والقشرة، وظهرت على الهيفات الفطرية اضطرابات خلوية وتكونت فيها فجوات كبيرة، مع حدوث فقد شبه تام للبروتوبلازم (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦).

المكافحة بالسيليكون

أحدثت إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ مجم/لتر لمحلول هوجلند المغذى الذى استُعمل فى تغذية نباتات الطماطم بعد شتلها انخفاضًا فى شدة إصابة النباتات بالفطر

F. oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*، مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزاري؛ الأمر الذى ربما حدث بسبب تأخير السيليكون لبدء إصابة الجذور بالفطر وانتقاله من الجذور إلى السيقان. وقد كان تركيز السيليكون فى جذور وسيقان النباتات المعاملة أعلى جوهريًّا عما كان فى النباتات غير المعاملة، كما ارتبطت الزيادة فى تركيز السيليكون فى الجذور جوهريًّا مع الانخفاض فى شدة المرض فى الجذور والتاج والساق؛ بما يفيد وجود دور للسيليكون فى المقاومة (Huang وآخرون ٢٠١١).

الندوة المتأخرة

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

استحثت معاملة بذور الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو *Bacillus cereus* مقاومة جهازية ضد مسببات أمراض النموات الخضرية: *Alternaria solani* (الندوة المبكرة)، و *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة)، و *Septoria lycopersici* (تبقع الأوراق السبتورى)، وخفضت من شدة الإصابة بتلك الأمراض، مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول؛ بما يسمح بخفض جرعات المبيدات الفطرية التى تلزم لتحقيق المكافحة الجيدة (Silva وآخرون ٢٠٠٤).

كما أدت معاملة الطماطم بأربع عزلات من بكتيريا المحيط الجذرى تنتمى لأربعة أنواع بكتيرية (هى: *Burkholderia gladioli*، و *Miamiensis avidus*، و *Acinetobacter quenomosp*، و *Bacillus cereus*) إلى حث دفاع فعال ضد الفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة، كما حفزت نمو بادرات الطماطم. ورغم عدم ملاحظة أى اختلافات فى معدل إنبات الجراثيم الفطرية وتكوين الأجسام الماصة appressoria بين النباتات غير المعاملة وتلك المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى، فإن الكالوز تكون بكثافة أكبر عند مواقع اختراق الفطر لأوراق النباتات المعاملة عما حدث بأوراق النباتات غير المعاملة؛ بما يعنى حث تلك العزلات لاستجابات دفاعية ضد *P. infestans* (An وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالزيوت الأساسية

عُوملت الطماطم بالزيوت الأساسية المستخلصة من الأجزاء الهوائية لكل من: الـ oregano (وهو: *Origanum syriacum* var. *bevanii*)، والزعتر thyme (وهو: *Thymbra spicata* subsp. *spicata*)، والخُزامى lavender (وهو: *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*)، وحصى البان rosemary (وهو: *Rosmarinus officinalis*)، والفينوكيا fennel (وهى: *Foeniculum vulgare*)، و الغار laurel (وهو: *Laurus nobilis*).

كانت أكثر المركبات المتطايرة تواجدًا بهذه النباتات، كما يلى:

النبات	المركب الرئيسى	نسبته (٪)
الزعتر	carvacrol	٣٧.٩
الـ oregano	carvacrol	٧٩,٨
حصى البان	borneol	٢٠,٤
الخُزامى	camphor	٢٠,٢
الفينوكيا	anethole	٨٢,٨
الغار	1,8-cineole	٣٥,٥

ولقد وجد أن المركبات المتطايرة للـ oregano والزعتر بتركيز ٠,٣ ميكروجرام/مل ثبطت بصورة تامة نمو الفطر *Phytophthora infestans*، أما التثبيط الكامل لنمو الفطر باستعمال المركبات المتطايرة لباقى النباتات فإنه تطلب المعاملة بتركيز ٠,٤—٢,٠ ميكروجرام/مل فى الهواء.

كذلك وجد أن المعاملة بالملامسة (وليس بالمركبات المتطايرة) بالزيوت الأساسية للـ oregano والزعتر والفينوكيا بتركيز ٦,٤ ميكروجرام/مل ثبطت نمو *P. infestans* بصورة تامة، بينما احتاج التثبيط التام للفطر لتركيزات أعلى من كل من حصى البان،والخُزامى، والغار بلغت ١٢,٨، و٢٥,٦، و٥١,٢ ميكروجرام/مل، على التوالى.

وتجدر الإشارة إلى أن المركبات المتطايرة للزيوت الأساسية كانت دائمًا أكثر فاعلية من معاملة التلامس مع الزيت ذاته.

وقد ثبطت الزيوت وأبخرتها من تجرثم الفطر، وأحدثت بهيفاته تحورات مورفولوجية، مثل تجلط السيتوبلازم، وتكون الفجوات فيها، وتورمها، بالإضافة إلى التسرب الأيونى منها (Soylu وآخرون ٢٠٠٦).

الندوة المبكرة

المكافحة بالترايكودرما

استخدمت ٢٨ عزلة من الترايكودرما .*Trichoderma* spp فى مكافحة البكتيريا *Xanthomonas euvesicatoria* مسببة مرض البقع البكتيرية، والفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة فى الطماطم، ووجدت عزلتان (هما: IB 28/07 و IB 30/07) كانتا قادرتين على خفض شدة الإصابة بالمسببين المرضيين، بالإضافة إلى سلالة ثالثة (هى: IB 37/01) كانت قادرة على خفض شدة الإصابة بالبقع البكتيرية، وأخرى رابعة (هى: IB 42/03) كانت قادرة على خفض شدة بالإصابة بالندوة المبكرة (Fontenelle وآخرون ٢٠١١).

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى مع مستخلص نباتى

أعطت معاملة الطماطم بخليط من السلالتين البكتيريتين: Pf1، و Py15 من *Pseudomonas fluorescens*، والسلالة Bs16 من *Bacillus subtilis*، ومستخلص نبات الـ Zimmu (وهو هجين نوعى: *Allium sativum* × *Allium cepa*) فى قاعدة من بودرة التلك.. أعطت هذه المعاملة مكافحة جيدة للفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة، كانت أفضل من أى من المعاملات الأخرى بأى من مكونات هذا الخليط. كذلك أحدثت تلك المعاملة زيادة فى نشاط إنزيمات الدفاع النباتى: البيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والفينيل آلانين أمونيا لاييز، والشيتينيز، وبيتا – ١، ٣ جلوكانيز، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول؛ بما يعنى أن المعاملة استحثت مقاومة جهازية ضد الفطر المرض (Latha وآخرون ٢٠٠٩).

البياض الدقيقى

المكافحة بالزيوت النباتية

أحدثت معاملة الطماطم بتركيز ٠,١٪ من مستحلبات عدد من الزيوت النباتية شملت: زيت الكانولا؛ وزيت الذرة، وزيت بذرة العنب، وزيت الفول السودانى، وزيت بذرة الكتان، وزيت فول الصويا، وزيت عباد الشمس.. أحدثت خفضًا كبيرًا فى شدة الإصابة بالبياض الدقيقى الذى يسببه الفطر *Oidium neolycopersici*، وكان أكثرها فاعلية زيت عباد الشمس الذى أدت المعاملة به بتركيز ٠,٥٪ إلى خفض الإصابة إلى مستوى لا يُذكر، وكان مرد ذلك إلى تثبيط زيت عباد الشمس لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر ونمو الغزل الفطرى (Ko وآخرون ٢٠٠٣).

المكافحة بالكبريت القابل للبلل وبمستحثات المقاومة

أعطت المعاملة بأى من الكبريت القابل للبلل أو بأى من مستحثات المقاومة المتوفرة تجاريًّا: Chitoplant أو Milsana درجة متساوية من المقاومة للفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الطماطم. ولقد أثَّرت معاملة أو أكثر منها إيجابيًّا فى تركيزات بعض الـ phytochemicals بثمرة الطماطم، مثل: حامض الأسكوربيك، و quercetin trisaccharide، و quercetim-3-0-rutinoside، و β-carotene، والبوتاسيوم، مقارنة بتركيزاتها فى ثمار النباتات التى لم تُعامل (Ribas – Agusti وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة بالسيليكون

أدى رش نباتات الطماطم بسيليكات البوتاسيوم K_2SiO_3 بتركيز ١جم/لتر ماء كل ١٢ يومًا إلى حمايتها بدرجة عالية من الإصابة بالفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى؛ حيث انخفض دليل شدة الإصابة من حوالى ٧٥٪ فى نباتات الكنترول إلى حوالى ٥٪ فى النباتات المعاملة. ولم يكن التركيز المستخدم من سيليكات البوتاسيوم سامًّا لنباتات الطماطم (Yanar وآخرون ٢٠١١).

الأنثراكنوز

المكافحة بالشيتوسان

أدت معاملة الطماطم بالشيتوسان chitosan بتركيز ١٪ أو ٢,٥٪ إلى تقليل حجم البقع المرضية للفطر *Colletotrichum* على ثمار الطماطم المعدية به، وذلك خلال ١٠ أيام على ٢٤°م (Munoz وآخرون ٢٠٠٨).

عفن الثمار الألترنارى

المكافحة بالخمائر والمواد الناشرة لبكتيريا المحيط الجذرى

كانت المعاملة المشتركة بكل من الخميرة *Rhodotorula glutinis* والمواد الناشرة rhamnolipids (التى تنتجها البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*) بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام/لتر أكثر كفاءة فى تثبيط الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* فى ثمار الطماطم الشيرى عن المعاملة بأى من الخميرة أو المواد الناشرة منفردين. كما حفَّزت المعاملة المشتركة — تلك — جوهريًّا نشاط الإنزيمات: peroxidase، والـ polyphenoloxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase عما حدث فى أى من المعاملتين المنفردتين. إن هذه المعاملة المشتركة استحثت المقاومة وأسرعت استعمار الخميرة لسطح الثمار وحفزت من نموها عليها (Yan وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالفطر غير الممرض *Penicillium oxalicum*

تستحث المعاملة بالفطر غير الممرض *Penicillium oxalicum* مقاومة فى الطماطم ضد الإصابة بالفطر *Alternaria alternata*، وذلك من خلال تأثيرها على مسار تمثيل الـ phytochelatin ومسار حامض السلسيلك. وكان مسار حامض الجاسمونك معاكس لمسار حامض السلسيلك والـ phytochelatin (Ahmad وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بزيت النبات *Laurus nobilis*

وجد أن معاملة نباتات الطماطم بزيت أوراق سلالة صينية محلية من النبات

Laurus nobilis بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام/مل كانت فعالة فى الحماية من الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* بنسبة تثبيط بلغت ٣٤٪. وفى البيئة الصناعية وجد أن زيت هذا النبات بمعدل ٨٠٠ ميكروجرام/ مل ثبط نمو الفطر بصورة كاملة. وقد تبين من تحليل الزيت أن أهم مكوناته هى: الإيوجينول eugenol، والـ caryophyllene، والـ cinnamaldehyde. وتفيد هذه الدراسة إمكان استعمال زيت *L. nobilis* كبديل للمبيدات الفطرية فى مكافحة الفطر *A. alternata* فى ثمار الطماطم بعد الحصاد (Xu وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالشيتوسان والمثيل جاسمونيت

كانت معاملة نباتات الطماطم بخليط من ٠,١٪ شيتوسان chitosan، و ٥٠٠ ميكروليتر/لتر من المثيل جاسمونيت methyl jasmonate أفضل فى مكافحة الفطر *Alternaria alternata* بالثمار بعد الحصاد عن المعاملة المنفردة بأى منهما؛ حيث أحدثت كذلك تلك المعاملة المزدوجة نشاطًا أعلى فى كل من الإنزيمات الدفاعية: الـ polyphenol oxidase، والبيروكسيديز peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Chen وآخرون ٢٠١٤).

العفن الرمادى

المكافحة بالخمائر والفطريات والبكتيريا

من ين ١٥ عزلة من الخمائر والفطريات الخيطية والبكتيريا.. خفضت ١١ عزلة منها – جوهريًا – إصابة الطماطم بفطر البوتريتس *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، و ٧ عزلات خفضت الإصابة جوهريًا فى الخيار. وعندما أكثرت ٦ عزلات للمعاملة بها وجد أنها خفضت الإصابة بالفطر بنسبة ٥٠٪ – ١٠٠٪ (Dik وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أمكن استخدام الخميرة *Candida guilliermondii* (السلالتان: ١٠١، و US 7) والخميرة *C. olephila* (السلالة 1-82:1) – وهى الخمائر التى تستخدم فى

مكافحة أمراض ما بعد الحصاد — أمكن استخدامها فى مكافحة الفطر *B. cinerae* على نباتات الطماطم (Saligkarias وآخرون ٢٠٠٢).

المكافحة بالترايكودرما ومستحثات المقاومة

استحث سقى التربة بمحلول benzothiadiazole بتركيز ٠,٠١٪ تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين فى نباتات الطماطم، بينما أدت المعاملة بمعلق السلالة T39 من فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* بتركيز ٠,٤٪ إلى حث تمثيل حامض الجاسمونيك. وأدت معاملة الميكوريزا إلى تحفيز مقاومة الأوراق للفطر *B. cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم، حيث تراوح الانخفاض فى شدة الإصابة بالفطر بين ٦٢٪ عندما كان تركيز المعلق ٠,٠٤٪، و ٨٤٪ عندما كان التركيز ٠,٤٪. وقد أظهر فحص أوراق النباتات المعاملة بالميكوريزا أنها أدت إلى تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين ونشاط الإنزيمات المسئولة عن ذلك، وكذلك حث المقاومة ضد الفطر *B. cinerea* بدرجة تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم. أما المعاملة بالـ benzothiadiazole فقد استحثت مقاومة ضد العفن الرمادى بصورة مستقلة عن حامض السلسيلك، وإن كانت قد استحثت نشاطًا قويًا فى جينين يُعرفان بدورهما فى المقاومة ضد *B. cinerea*، هما Pti5، و PI2 (Harel وآخرون ٢٠١٤).

المعاملة بحامض الهكسانوِّك

تُفيد معاملة الطماطم بحامض الهكسانوِّك hexanoic acid فى الحد من إصابتها بالفطر *B. cinerea*؛ حيث يعمل الحامض كمبيد فطرى مانع للإصابة ومعالج لها (Leyva وآخرون ٢٠٠٨).

الذبول البكتيرى

المكافحة بالتطعيم

تُسبب البكتيريا *Ralstonia solanacearum* مرض الذبول البكتيرى فى الطماطم والباذنجان. وهو المرض الذى ينتشر فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم،

والذى تصعب مكافحة بتعقيم التربة نظرًا لسهولة عودة تلوث التربة بها، أو بزراعة الأصناف المقاومة نظرًا لأن جميعها ذات ثمار صغيرة الحجم. وتعرف عدة سلالات races من البكتيريا تتميز بقدرتها على إصابة عوائل معينة دون غيرها.

عُرفت عدة أصول للطماطم مقاومة للبكتيريا، من أمثلتها: سلالتى الطماطم Hawaii 7998، و Hawawii 7996، والسلالة CRA 66 من *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*، وجميعها أعطت نتائج جيدة فى مكافحة المرض. وعلى الرغم من شدة ثبات مقاومة تلك الأصول، فقد ظهرت بعض السلالات strains التى أمكنها إصابتها. كذلك تستخدم سلالة الباذنجان المقاومة H7996 كأصل للطماطم.

ومن سلالات *Solanum* الأخرى المقاومة التى نجح استعمالها كأصول للطماطم والباذنجان سلالات من كل من: *Solanum toxicarium*، و *Solanum sisymbriffolium*، و *Solanum torvum* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أعطى تطعيم الطماطم القابلة للإصابة بالذبول البكتيرى على أصول مقاومة (عشرة أصول مختلفة) مقاومة جيدة ومنتظمة للمرض، مع تحسين فى محصول الثمار (McAvoy وآخرون ٢٠١٢، و Rivard وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بفطريات المحيط الجذرى المحفزة للنمو

أمكن عزل ٧٩ سلالة من الفطريات المحفزة للنمو النباتى plant growth-promoting fungi (اختصارًا: PFPFs) من تربة المحيط الجذرى، أظهرت تسع منها قدرة على المعيشة الرمية، واستعمار المحيط الجذرى، وإذابة الفوسفات، وإنتاج إندول حامض الخليك، وتحفيز النمو النباتى. وقد أدت معاملة بذور الطماطم بأربع من تلك العزلات إلى التبكير فى بزوغ البادرات، وتحفيز نمو النباتات فى صنف قابل للإصابة بالذبول البكتيرى، مقارنة بالنمو فى نباتات الكنترول التى لم تتلق تلك المعاملة. ولقد أدت المعاملة بالعزلتين TriH-JSB27، و PenC-JSB41 إلى تحسين دلائل النمو الخضرى والتكاثرى، وحدث أعلى امتصاص للفوسفور فى النباتات التى عُوملت بالعزلة

TriH-JSB27. كما حدث خفض جوهرى بمقدار ٥٧,٣٪ فى الإصابة بالبكتيريا *R. solanacearum* فى النباتات التى عُوملت بتلك السلالة TriH-JSB27، كذلك أدت المعاملة بأى من الـ PGPFs إلى زيادة نشاط الإنزيمات والجينات ذات العلاقة بالدّفاع النباتى، وكان أعلى نشاط لإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ β-1,3-glucanase عندما كانت المعاملة بالسلالة TriH-JSB27 (Jogaiah وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة بإضافات الأسمدة الحيوانية للتربة

أدت إضافة سبلة الدواجن أو الماشية للتربة إلى تقليل إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *R. solanacearum*، وصاحب ذلك زيادة فى النشاط الميكروبى (البكتيرى والفطرى) فى التربة المعاملة. وعلى العكس من ذلك تمامًا كان تأثير إضافات كمبوست اللحاء الشجرى وسبلة الخنازير (Islam & Toyota ٢٠٠٤).

المكافحة بالزيوت النباتية

ثبطت زيوت الكراوية والزعتر والنعناع والمردقوش (البردقوش)marjoram نمو البكتيريا *R. solanacearum* — مسببة مرض الذبول البكتيرى فى الطماطم — بدرجات متباينة، وكان أقواها تأثيرًا زيت الزعتر، وتلاه زيت النعناع، وكان أقلها زيت الكراوية والبردقوش. وتحت ظروف الصوبة والحقل أعطت معاملة زيت الزعتر أقوى تأثير فى تقليل الإصابة بالمرض، حيث بلغ الانخفاض فى المرض ٩٥٪– ٩٧٪ فى عامى الدراسة. أما المعاملة بالفطر *Glomus monssease*، فكانت الأقل تأثيرًا على المرض، وإن كانت قد أعطت أعلى زيادة فى المحصول (Abo-Elyousr وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بمستخلصات نباتية

أدت المعاملة بمستخلصات الداتورة والثوم إلى خفض إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *R. solanacearum* (Abo-Elyousr & Asran ٢٠٠٩).

المكافحة بالثيمول ومستحثات المقاومة

أمكن مكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم فى أحد أصناف الطماطم المتحملة أو متوسطة المقاومة بالمعاملة المشتركة بكل من تبخير التربة بالثيمول thymol (وهو فينول من الـ monoterpenes مستخلص من الزعتر) بمعدل ٩,٤٣ كجم/ هكتار (٣ كجم/ فدان) بعد ٢٤ ساعة من حقن التربة بالبكتيريا المرضة وقبل أسبوع من شتل الطماطم، والرش الورقى بالـ Actigard 50WG (وهو: acibenzolar-S-methyl .. اختصارًا ASM، الذى يعد حاثًّا للمقاومة الجهازية المكتسبة SAR) (Hong وآخرون ٢٠١١).

المكافحة بالكالسيوم

أدت معاملة المحلول المغذى للطماطم بالكالسيوم إلى زيادة نركيز الكالسيوم بسيقان النباتات، وذلك مع زيادة تركيز الكالسيوم من ٠,٤ إلى ٤,٤ ثم إلى ٢٠,٤ مللى مول، وكان ذلك مصاحبًا بخفض لتواجد البكتيريا *Ralstonia solanacearum* (مسببة مرض الذبول البكتيرى) فى السيقان، وهو الأمر الذى حدث — كذلك — بزيادة مستوى المقاومة فى النباتات، إلاّ أن المعاملة بالكالسيوم لم تُخفض شدة الإصابة بالمرض إلاّ فى الصنف المتوسط المقاومة Zuiei (Yamazaki & Hoshina ١٩٩٥).

وقد أدت إضافة الكالنسيوم إلى المحلول المغذى للطماطم بتركيز ٠,٥، و ٥,٠، و ٢٥,٠ مللى مول إلى تناقص فى شدة إصابة النباتات بالذبول البكتيرى الذى تُسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* من ١٠٠٪ إلى ٧٧,١٪ وإلى ٥٦,٨٪، على التوالى. وكان نمو النباتات فى التركيز العالى من الكالسيوم أفضل جوهريًّا عما فى التركيز المنخفض، وذلك فيما يتعلق بالنمو الطولى وقطر الساق والكتلة البيولوجية. وازداد امتصاص النباتات للكالسيوم فى الجذور والسيقان جوهريًّا بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى. كذلك ارتفع تركيز الـ H_2O_2 سريعًا فى نباتات معاملة الكالسيوم العالية، ووصل إلى ١٠,٨٦ ميكرومول/جم وزن طازج (أعلى بمقدار ٣١,٣٢٪ عما فى معاملة الكالسيوم المتوسطة). وأيضًا ارتفع نشاط الإنزيمين: بيروكسيديز peroxidase،

وبولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase فى معاملة الكالسيوم العالية. وقد وُجد ارتباط سلبى بين شدة الإصابة بالمرض وكل من تركيز الكالسيوم، ومستوى الـ H_2O_2، ونشاط البيروكسيديز والبولى فينول أوكسيديز؛ مما يدل على قيامها بدورٍ هام فى المقاومة (Jiang وآخرون ٢٠١٣).

البقع البكتيرية والنقط البكتيرية

كانت أكثر الطرق شيوعًا لمكافحة الأمراض التى تسببها البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (النقط البكتيرية)، و *Xanthomonas compestris vesicatoria* (البقع البكتيرية) — ولمدة أكثر من ستة عقود — هى الرش بالمبيدات البكتيرية، والتى تتضمن بعض المركبات النحاسية أو العناصر الثقيلة، والتى قد يخلط معها بعض المبيدات الفطرية. كذلك استخدمت المضادات الحيوية بدرجة أقل. هذا إلاّ أن جميع هذه الطرق لم تكن مرضية، وكثيرًا ما صاحبتها ظهور أوبئة شديدة، خاصة وقد ظهرت مؤخرًا كثيرًا من السلالات المقاومة للمركبات النحاسية.

ومن البدائل التى حلت مؤخرًا محل المركبات النحاسية، ما يلى:

١-معاملة البذور بالحرارة منفردة، أو مع المبيدات البكتيرية.

٢-المكافحة الحيوية بالكائنات الدقيقة.

٣-تشميس التربة.

٤-الرش بالمركبات الطبيعية المضادة للبكتيريا (Bashan ١٩٩٧).

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أدت معاملة بذور الطماطم بخليط من البكتيريا المنشطة للنمو *Azospirillum brasilense* والبكتيريا المسببة لمرض النقط البكتيرية *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* إلى انخفاض تواجد البكتيريا المرضة فى المحيط الجذرى، وزيادة فى تواجد البكتيريا المنشطة للنمو، ومنع تطور مرض النقط البكتيرية، وتحسين النمو النباتى.

كذلك أحدثت معاملة الأوراق بخليط من النوعين البكتيريين خفضًا جوهريًا فى تواجد البكتيريا المرضة وخفضًا آخر جوهرى فى شدة المرض. وبينما استمر تواجد النوعين البكتيريين فى المحيط الجذرى لمدة ٤٥ يومًا عندما عوملت البذور بكل منهما منفردة، فإن النوع المرض لم يستمر فى البقاء فى المحيط الجذرى فى وجود *A. brasilense*. هذا.. ولم تكن معاملة النموات الخضرية بالبكتيريا *A. brasilense* مجدية فى مكافحة المرض عندما أجريت بعد الإصابة الفعلية بالبكتيريا المرضة (Bashan & de-Bashan ٢٠٠٢).

كما كانت معاملة رش النموات الخضرية للطماطم بالسلالة Cit7 من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas syringae* عالية الكفاءة فى مكافحة كلاً من: البكتيريا: *P. syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، والبكتيريا: *Xanthomonas campestris vesicatoria*، و *X. vesicatoria* مسببتا مرض البقع البكتيرية. وعندما أُجريت المعاملة للبذور أو عن طريق إضافة المعلق البكتيرى للتربة أحدثت السلالة 89B-61 من البكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas fluorescens* خفضًا جوهريًا فى شدة إصابة النموات الخضرية للطماطم بالنقط البكتيرية. كذلك أحدثت سلالة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى 89B-61 والسلالة SE 34 من *Bacillus pumilus* خفضًا للإصابة بالبقع البكتيرية. أما الجمع فى معاملة رش النموات الخضرية بالسلالة Cit7، والسلالة المنشطة للنمو النباتى 89B-61 فقد أحدثت مكافحة جوهرية للمرضين فى جميع التجارب الحقلية التى أجريت (Ji وآخرون ٢٠٠٦).

المكافحة بملتهمات البكتيريا (البكتيروفاجات)

تُفيد المعاملة بملتهمات البكتيريا bacteriophages فى المكافحة الجزئية للبكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* مسببة مرض البقع البكتيرية فى الطماطم. إلاّ أن كفاءتها تنخفض كثيرًا نظرًا لقصر فترة نشاطها على النموات الخضرية.

وقد وجد أن تجهيز تلك الملتهمات البكتيرية فى اللبن منزوع الدسم أو فى الـ casecrete (يتكون من ٠,٥٪ casecrete NH-400 + ٠,٥٪ سكروز + ٠,٢٥٪ pregelatinized corn flour) يزيد من قدرة الملتهمات على البقاء ومكافحة البكتيريا (Balogh وآخرون ٢٠٠٣).

المكافحة بالشيتوسان

حقق رش نباتات الطماطم بشيتوسان ذى وزن جزيئى منخفض بتركيز ٣جم/لتر مكافحة للبكتيريا *Xanthomonas gardneri* – مسببة مرض البقع البكتيرية – بنسبة بلغت ٥٦٪ عندما كانت المعاملة قبل العدوى بالبكتيريا بثلاثة أيام. ويُعتقد أن مرد هذا التأثير إلى حث الشيتوسان تكوين آليات دفاعية فى النبات (Coqueiro وآخرون ٢٠١١).

المكافحة بحامض الفوسفورس

تُفيد معاملة الطماطم أسبوعيًا بأملاح حامض الفوسفورس phosphorous acid مخلوطًا بمبيد نحاسى، أو بالتبادل معه، والمعاملة الأسبوعية بأملاح حامض الفوسفورس مع المعاملة كل أسبوعين بالـ acibenzolar-S-methyl .. تفيد فى مكافحة التبقع البكتيرى بدرجة مماثلة لتلك التى تتحقق باستخدام برنامج مكافحة قياسى يعتمد على المبيدات البكتيرية النحاسية (Wen وآخرون ٢٠٠٩).

المكافحة بمستحثات المقاومة

يمكن الاعتماد على Actigard 50WG (وهو: Acibenzolar-S-methyl) – المستحث للمقاومة الجهازية – كبديل فعال للمبيدات البكتيرية النحاسية فى مكافحة مرضى البقع البكتيرية (*X. vesicatoria*)، والنقط البكتيرية (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) فى الطماطم (Louws وآخرون ٢٠٠١).

وأحدثت معاملة نباتات الطماطم بأى من الـ acibenzolar-S-methyl، أو *B. subtilis* مع أيدروكسيد النحاس خفضًا جوهريًا فى الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas*

euvesicatoria. مسببة مرض البقع البكتيرية – بدرجة لم تختلف جوهريًا عن المكافحة القياسية باستعمال النحاس مع المانكوزب (Roberts وآخرون ٢٠٠٨).

كما أدت معاملة الطماطم بمعدلات منخفضة من الـ Acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) مقدارها ٧٥ ميكرومول (أى ١,٥٨ جم مادة فعالة/ هكتار فى ١٠٠ لتر ماء، أى نحو ٠,٦٦ جم مادة فعالة/فدان فى ١٠٠ لتر ماء) إلى مكافحة التبقع البكتيرى فى الطماطم بصورة جوهرية، مقارنة بالإصابة فى نباتات الكنترول التى لم تُعامل، علمًا بأن هذا المرض تسببه أربعة أنواع مختلفة من جنس *Xanthomonas* (Huang وآخرون ٢٠١٢).

نيماتودا تعقد الجذور

المكافحة بالتطعيم

مقاومة نيماتودا تعقد الجذور بالتطعيم

تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى عديد من أصناف وأصول الطماطم من السلالات والأصناف والهجن النوعية، وهى مقاومة تُكسر فى حرارة تزيد عن ٢٨ ْم. ومن أمثلة الهجن النوعية المقاومة Maxifort، و Beaufort، و Big Power. كذلك يوفر *Solanum torvum*، و *S. peruvianum* مقاومة ضد النيماتودا (Louws وآخرون ٢٠١٠)

وقد استُخدم أصلاً الطماطم الجذريين: Multifort (وهو هجن نوعى: *Solanum lycopersicum* × *S. habrochaites*)، وصنف الطماطم الهجين Survivor المقاومين لينماتودا تعقد الجذور.. استخدما كأصول طُعِّم عليهما صنفا الطماطم القابلين للإصابة: Brandywine، و Flamme، حيث انخفضت جوهريًا الإصابة بالنيماتودا بنسبة وصلت إلى ٨٠,٨٪، دون أن يكون للتطعيم أية تأثيرات على المحصول الصالح للتسويق (Barrett & Zhao ٢٠١٢).

وأدى تطعيم سلالة الطماطم BHN602 – القابلة للإصابة بكل من نيماتودا تعقد الجذور والذبول البكتيرى – على أى من الأصول RST-04- 106-T، أو BHN 998، أو

BHN 10 المقاومة للذبول البكتيرى إلى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور، وزيادة محصول الثمار، مقارنة بما فى حدث فى النباتات التى لم تُطعَّم (Kunwar وآخرون ٢٠١٥).

المكافحة بالميكوريزا والبكتيريا المتطفلة على النيماتودا

أدى تلقيح الطماطم بكل من فطر الميكوريزا *Glomus* sp.، والبكتيريا المتطفلة على النيماتودا *Pasteuria penetrans* — معًا — فى وجود الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* إلى زيادة كل من النمو الخضرى ومحصول النباتات فى الطماطم عما فى النباتات غير الملقحة بالفطر وبالبكتيريا فى وجود الإصابة بالنيماتودا، وكان تأثير المعاملة بالفطر والبكتيريا — معًا — أفضل من المعاملة المنفردة بأى منهما (Talavera وآخرون ٢٠٠٢).

المكافحة الحيوية بالبكتيريا والفطريات

أدت المعاملة بالسلالتين Pa-7، و IE-6 من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* إلى خفض إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور وبالفطرين *Fusarium oxysporum*، و *Rhizoctonia solani*. وكان للسلالتان البكتيريتان نفس الفاعلية ضد النيماتودا عندما كانت منخفضة الكثافة (٥٠٠، و١٠٠٠ يرقة من الطور الانسلاخى الثانى J_2)، بينما كانت السلالة IE-6 — فقط— هى الفعالة فى مكافحة النيماتودا عندما كانت عالية الكثافة (٢٠٠٠، و ٤٠٠٠ J_2). ولقد لوحظ ارتباط سلبى بين الإصابة بفطر الذبول الفيوزارى وبين استعمار البكتيريا للجذور والنموات الخضرية (Siddiqui & Ehteshamul-Haque ٢٠٠٠).

وقد دُرس تأثير عدة عزلات من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* — عُزلت من تربة مثبطة للمسببات المرضية — على نمو نباتات الطماطم ومكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بها، ووجد أن العزلات تباينت فى تأثيراتها على كلا الأمرين، وكانت أكثرها تأثيرًا العزلتان: Pa 8، و Pa 9 اللتان كان لهما أقوى تأثير على منع فقس النيماتودا وتقليل أعراض تثألل الجذور وتكاثر النيماتودا. وكانتا — مع

العزلة Pa 3 — الأكثر استعمارًا لجذور الطماطم والأقوى تحفيزًا لنمو البادرات والنباتات. وقد تبين أن العزلتين Pa 8، و Pa 9 تنتجان كمية أكبر من حامض السيانيك HCH عن العزلات الأخرى، وأنهما تنتجان قدرًا أكبر من إندول حامض الخليك IAA عن ١٣ عزلة أخرى؛ ولذا فإنهما يمكن أن تُستعملا فى المكافحة الحيوية لـ *M. incognita* فى الطماطم (Singh & Siddiqui ٢٠١٠).

كما وجد أن معاملة الطماطم بأى من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية:

Pseudomonas fluorescens

Paecilomyces lilacinus

Pichia guilliermondii

Calothrix parietina

منفردة أو مجتمعة أدت إلى خفض شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogune incognita*. ولقد تسببت المعاملة المنفردة بالبكتيريا *P. fluorescens* أو بالفطر *P. liacinus* إلى موت ٤٥٪، و٣٠٪ – على التوالى — من يرقات النيماتودا فى خلال ٤٨ ساعة من المعاملة، وذلك مقارنة بالوضع فى معاملة الكنترول. وكانت المعاملة بأى منهما أو بالخميرة *P. guilliermondii* أكثر كفاءة فى مكافحة النيماتودا عن المعاملة بـ *C. parietina* الذى يعد من الـ cyanobacteria التى تعيش فى التربة، والذى قد يُضاد فعل كائنات المقاومة الحيوية الأخرى ويقلل كفاءتها فى المكافحة. وعمومًا.. فإن المعاملة بكائنات المكافحة الحيوية الأخرى لم تكن فقط قاتلة للنيماتودا، لكنها حفزت — كذلك— النمو النباتى بتوفيرها للكثير من العناصر المغذية وبحثّها لمقاومة جهازية فى النباتات (Hashem & Abo-Elyousr ٢٠١١).

المكافحة بالدورة الزراعية

يمكن الاستفادة من زراعة أصناف الفلفل عالية المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* (مثل Carolina Cayenne) بإدخالها فى الدورة الزراعية قبل زراعة

المحاصيل العالية القيمة الاقتصادية مثل الطماطم؛ كوسيلة للحد من الإصابة بالنيماتودا فيها (Thies وآخرون ١٩٩٨).

المكافحة بالتبخير الحيوى للتربة بمخلفات البروكولى

وُجد أن التبخير الحيوى للتربة باستعمال مخلفات البروكولى (كل الأجزاء النباتية) وكذلك التطعيم على الأصل Beaufort كانا الأفضل فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور وزيادة محصول الطماطم، وذلك من بين عدد من المعاملات الأخرى التى أجريت وشملت تشميس التربة لمدة ٦ أسابيع مع التغطية باليوليثيلين الشفاف، والتبخير الحيوى بأوراق وثمار الخروع *Ricinus commounis*، وزراعة نبات القطيفة *Tagetes erecta* إلى جوار الطماطم، والمعاملة بالسلالة 251 من الفطر *Paecilomyces lilacinus* (المنتج التجارى BioAct)، والسماد العضوى التجارى Netisin المستخدم كمبيد بنيماتودى حيوى (بمعدل ١٠ كجم/هكتار مع ماء الرى بالتنقيط) (Kaskavalci وآخرون ٢٠٠٩).

المكافحة بالإضافات النباتية للتربة

أدت إضافة نموات خضرية مفرومة من أى من النباتات: *Lantana camara*، أو *Kigelia pinnata*، أو *Ficus bengalensis* إلى التربة إلى إحداث تحسين جوهرى فى نمو نباتات الطماطم مع خفض جوهرى فى إصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، وكانت المعاملة بـ *Lantana camara* أكثرهم تأثيرًا (Ahmad وآخرون ٢٠١٠).

كما كانت لثمار الخيار البرى *Cucumis myriocarpus* المطحونة تأثيرات قاتلة على نيماتودا تعقد الجذور لم تختلف جوهريًا عن تأثير المعاملة بأى من المبيدين النيماتوديين الألديكارب aldicab، أو الفيناميفوس fenamiphos (Mashela وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

ازدادت معدلات وقف النمو وموت نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* جوهريًا مع زيادة تركيز المستخلص المائى لأوراق الثوم الطازجة من ١٪ إلى ٢٪، و ٤٪ (وزن/حجم)، كما ثُبِّط فقس بيض النيماتودا جوهريًا — كذلك — بالمعاملة. وكان

المستخلص المائى لأوراق الثوم المتخمرة أقوى تأثيرًا. وأدت معاملة التربة إلى تثبيط إصابة النيماتودا للطماطم جوهريًّا، وازداد التأثير بزيادة كمية المستخلص المستخدم فى المعاملة، إلا أن الزيادة الكبيرة أثرت – كذلك – سلبيًّا على نمو الطماطم. وقد أدت المعاملة بمستخلص ٢٪ مع سماد حيوانى قبل الزراعة، ومع استخدام غطاء بلاستيكى للتربة إلى تقليل إصابة الطماطم بالنيماتودا بنسبة ٧٢٪، وزيادة محصولها بنسبة ٧٣٪، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول. ويبدو أن المركبات الكبريتية التى توجد بمستخلص الثوم كانت هى المسئولة عن مقاومة النيماتودا فى هذه الدراسة (Gong وآخرون ٢٠١٣).

وكان المستخلص المائى لأوراق نبات التانبول أو التامول betel (وهو: *Piper betle*) سامًّا ليرقات الطور الإنسلاخى الثانى J_2 لينماتودا تعقد الجذور، كما ثبط فقس البيض. وأدى نقع جذور شتلات الطماطم فى المستخلص إلى تقليل تكوين الثآليل بها، وخفض إنتاج البيض، وأعداد الـ J_2 فى التربة، كما أدى إلى تحفيز نمو نباتات الطماطم. وتناسبت تلك التأثيرات مع زيادة تركيز المستخلص (تراوح تخفيف المستخلص من صفر٪ إلى ٨٠٪). ولقد كانت الـ J_2 أكثر حساسية للمستخلص عن البيض، حيث ماتت كلها عند المعاملة بجميع التخفيفات المستعملة (حتى ٨٠٪ تخفيف)، بينما لم يحدث ١٠٠٪ موت للبيض إلاّ عندما كانت المعاملة بالمستخلص غير المخفف، كذلك كان المستخلص غير المخفف هو الأقوى تأثيرًا فى الحد من إصابة جذور الطماطم وإنتاج البيض فيها وأعداد الـ J_2. وكانت الزيادة فى طول جذور النباتات المعاملة ٢٣٥٪ من الطول فى نباتات الكنترول (Premachandra وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بمستحثات المقاومة

حامض السلسيلك والمثيل جاسمونيت

أثرت المعاملة بحامض السلسيلك سلبيًّا فى تطور النيماتودا *Meloidogyne chitwoodi* على الطماطم، لكنها لم تؤثر على تكاثر النيماتودا، بينما كانت المعاملة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate هى الأكثر كفاءة فى خفض إصابة الطماطم

بالنيماتودا (خفضت اختراق النيماتودا للجذور بنسبة ٥٨٪) (& Vieira dos Santos Curtis ٢٠١٣).

الـ BABA

أحدثت معاملة بادرات الطماطم بأى من β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA)، أو Salycylic acid (اختصارًا: SA)، أو السلالة CHAO من *Pseudomonas fluorecens* خفضًا جوهريًا فى شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، وكان أكثرها فاعلية المعاملة بالـ BABA الذى أدى إلى خفض شدة العقد الجذرية، وعدد كتل النيماتودا/ نبات، وعدد البيض/ كتلة بيض، كما أحدثت المعاملة زيادة فى إنتاج الـ H_2O_2 (وهو أحد نواتج شد الأكسدة) ونشاط الـ SOD، والـ GPOX بصورة أوضح عما فى حالتى المعاملة بأى من الـ SA أو *P. fluorecens*، ولكنها جميعًا أسهمت فى حث شد أكسدة فى جذور الطماطم من خلال توليد عناصر نشطة فى الأكسدة (ROS) والإنزيمات المرتبطة بأيضها (Sahebani & Hadavi ٢٠٠٩).

الـ ASM

استحثت معاملة الطماطم بحامض السلسيلك مع الماء عن طريق سقى التربة soil drenching، وبالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) بطريقة غمس الجذور .. استحثت مقاومة جهازية مكتسبة SAR ضد الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*؛ حيث انخفض تكاثر النيماتودا على الجذور فى النباتات المعاملة (فكان أقل من ٥٠٪ من معدل تكاثرها فى النباتات غير المعاملة)، وانخفضت إصابتها بالنيماتودا. وقد ازدادت فاعلية إضافة حامض السلسيلك للتربة مع الماء عندما زودت التربة — كذلك — بالأحماض الدبالية بالسقى مع الماء. وكانت أفضل معاملة هى الجمع بين إضافة حامض السلسيلك والـ methyl-salicylic acid إلى التربة بالسقى مع الماء؛ حيث قللت، تلك المعاملة الإصابة بالجيل الثانى للنيماتودا (Molinari & Baser ٢٠١٠).

فيروسا موزايك التبغ وموزايك الطماطم

الفحص الدورى للإصابات الحشرية الناقلة للفيروسات

يعرف الفحص الدورى للحقول المزروعة لتحديد إصابتها بالحشرات الناقلة للفيروسات من عدمه باسم field scounting. يعد ذلك أمرًا ضروريًّا لتجنب الاستخدام غير الضرورى للمبيدات، وكذلك عدم تأخير الرش إلى درجة يصبح فيها بغير ذى فائدة. وبالنسبة لحقول الطماطم. يوصى بفحص ما لا يقل عن ٤٠ نباتًا أسبوعيًّا فى الحقول التى لا تزيد مساحتها عن ٢٠ فدان، يضاف إليها نباتين آخرين لكل فدان زيادة عن العشرين. يجب أن يكون اختيار النباتات التى يتم فحصها عشوائيًّا أثناء السير فى الحقل بشكل "زجزاج"، ويفضل أن يحدد — مسبقًا — قبل السير — النباتات التى تُختار للفحص على اعتبار أنها تلك التى ينتهى عندها عدد محدد — سلفًا — من الخطوات. وبالنسبة لعينات فحص الإصابة بالمن الذى ينقل هذا الفيرس.. تُختار الوريقات عشوائيًّا من الثلثين العلويين للنمو الخضرى لنبات الطماطم.

المكافحة بزراعة الأصناف المقاومة

إن أصناف الطماطم المقاومة لفيرس موزايك التبغ كثيرة، وخاصة بين أصناف الزراعات المحمية. ويجب استخدام تلك الأصناف فى الزراعة متى توفرت.

المكافحة باتباع وسائل النظافة العامة

من أمثلة تلك الوسائل، ما يلى:

١- تعقيم المشاتل وأوعية نمو النباتات، وبيئة نمو الجذور بالبخار على ١٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة، ونقع أو غسيل الآلات التى تستعمل فى زراعة أو شتل الطماطم أو خدمتها فى محلول فورمالدهيد بتركيز ١٪.

٢- غسل الأيدى جيدًا بالماء والصابون قبل تداول النباتات.

المكافحة بمعاملة البذور لتخليصها من الفيرس

تؤدى معاملة البذور بحامض الأيدروكلوريك بتركيز ٥٪ لمدة ٣–١٠ ساعات، مع التقليب على فترات إلى القضاء التام على جزيئات الفيرس المحمولة خارجيًّا على الغلاف البذرى. أما جزيئات الفيرس المحمولة داخليًّا – فى أى نسيج غير الإندوسبرم – فيمكن التخلص منها بوضع البذور فى حرارة ٧٠°م لمدة ٣ أيام. كما أمكن تثبيط جزيئات الفيرس التى توجد فى إندوسبرم البذور بمعاملتها بالتراى صوديوم أورثوفوسفيت trisodium orthophosphate، ثم بهيبو كلوريت الصوديوم sodium hypochlorite، ولم يكن لهذه المعاملة تأثير سلبى على نسبة إنبات البذور (Gooding ١٩٧٥). وقد فُقِدَ الفيرس من بذور بعض سلالات الطماطم بعد تخزينها لعدة أشهر، إلا أنه ظل فى إندوسبرم سلالات أخرى لمدة ٩ سنوات.

المكافحة باللبن (الحليب) والمواد الناشرة

أمكن منع أو تقليل العدوى الميكانيكية بفيرس موزايك الطماطم برش النباتات باللبن الحليب قبل العدوى، بينما لم يكن لهذه المعاملة تأثيرًا يذكر بعد الإصابة بالفيرس. ويعتبر رش الشتلات قبل تداولها طريقة فعّالة لمنع انتشار الفيرس. ولا ينصح بغمر الشتلات فى اللبن؛ لأن ذلك يؤدى إلى ذبولها وموتها.

وللحصول على أفضل النتائج من هذه المعاملة، تجب مراعاة ما يلى:

١– رش الشتلات بمسحوق لبن فرز (منزوع الدسم) مجفف يحتوى على ما لا يقل عن ٣٥٪ بروتين، بتركيز ١٠٪، حيث يؤدى ذلك إلى مكافحة انتشار الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًّا – مثل فيرس موزايك التبغ – عند تداول البادرات (Bosland & Votava ٢٠٠٠).

٢– رش المشاتل قبل التقليع بنحو ٢٤ ساعة بمعدل ١٠ لترات من الحليب الكامل الدسم أو الفرز، أو بنحو ١,٢٥ كجم من بودرة اللبن الفرز المجفف فى ١٠ لترات ماء لكل ٤٠ م^{٢} من المشتل. وهى مساحة تكفى لإنتاج شتلات لزراعة فدان من الحقل الدائم.

٣- تغمس الأيدى كل نحو ٢٠ دقيقة فى لبن كامل أو فرز، أو فى لبن محضر من ٠,٥ كجم بودرة لبن مجفف فى ٤ لترات ماء. ويجرى ذلك قبل تداول النباتات لإجراء مختلف العمليات الزراعية، مثل: الشتل، والتربية، والتقليم.

وقد استخدمت المادة الناشرة Dioctyl Sodium Sulfo-Succinate، والتى يطلق عليها اسم DOS كبديل للحليب، وكانت لها نفس فاعليته فى منع انتشار الفيرس، إلا أنها أدت إلى تأخير النمو والإزهار.

المكافحة بالعدوى بسلالات ضعيفة من الفيرس

تؤدى عدوى (حقن) النباتات بسلالة غير مسببة للمرض، أو بسلالة ضعيفة من الفيرس إلى جعلها مقاومة للسلالات الأكثر ضراوة إذا تعرضت للإصابة بها بعد ذلك. وتحدث فى المتوسط زيادة فى المحصول مقدارها حوالى ٢٥٪ عند عدوى النباتات بالسلالة الضعيفة، ثم بالسلالة القوية بالمقارنة بالمحصول الناتج عند إصابة النباتات بالسلالة القوية مباشرة.

ونذكر فيما يلى بعض الدراسات التى أجريت فى هذا المجال:

• أدت عدوى شتلات الطماطم بسلالة مسببة للمرض من الفيرس قبل الشتل مباشرة إلى حماية النباتات من الإصابة بسلالة متوسطة الضراوة بعد ذلك، حيث لم يظهر فرق معنوى بين محصول النباتات التى تمت عدواها بالسلالة غير المسببة للمرض فقط، وتلك التى تمت عدواها بالسلالة غير المسببة للمرض قبل الشتل، ثم بالسلالة متوسطة الضراوة بعد الشتل. وبالمقارنة وجد أن المحصول قد زاد بنسبة ٢٠٪-٣٠٪ عند العدوى بالسلالة غير المسببة للمرض، ثم بالسلالة المتوسطة الضراوة، بالمقارنة بالمحصول الناتج عند العدوى بالسلالة المسببة للمرض مباشرة (Valsov وآخرون ١٩٧٤).

• فى دراسة مماثلة أدت العدوى بسلالة من الفيرس غير مسببة للمرض إلى حماية النباتات من الإصابة بسلالة مسببة للمرض. وبينما لم تؤثر العدوى بالسلالة غير المسببة للمرض على المحصول، فإن العدوى بالسلالة المسببة للمرض فقط أنقصت المحصول

بمقدار ٢٧٪. وبالمقارنة ازداد المحصول بمقدار ٣٠٪ عند العدوى بالسلالة غير المسببة للمرض، ثم بالسلالة المسببة للمرض بالمقارنة بالمحصول عند العدوى بالسلالة المسببة للمرض فقط (Vanderveken & Coutisse ١٩٧٥).

• كذلك قام Ahoonmanesh & Shalla (١٩٨١) بعدوى نباتات طماطم فى طور الأوراق الفلقية بسلالة ضعيفة من الفيرس، ثم أجريت العدوى بسلالة شديدة الضراوة بعد ١٦ يومًا. وقد تساوت النباتات التى تمت عدواها بهذه الطريقة مع النباتات التى تمت عدواها بالسلالة الضعيفة فقط. كما ازداد محصول الثمار كبيرة الحجم بمقدار ١٠٪ عند العدوى بالسلالة الضعيفة، ثم بالسلالة القوية بالمقارنة بالمحصول عند العدوى بالسلالة القوية مباشرة.

• يفضل إجراء الحقن الوقائى بالسلالة الضعيفة يدويًّا، حيث تعطى إصابة بنسبة ٩٦٪-١٠٠٪. وتتوفر الحماية ضد الإصابة بالسلالات القوية من الفيرس بعد نحو ٨ أيام من حقنها بالسلالة الضعيفة (Mossop & Procter ١٩٧٥).

• على الرغم من أن Holmes كان أول من اقترح هذه الطريقة فى مكافحة الفيروسات عام ١٩٣٤ إلا أن Rast كان أول من أثبت نجاحها على نطاق واسع، وكان ذلك فى هولندا عام ١٩٧٢. ومنذ ذلك الحين استخدمت سلالة Rast الضعيفة من فيرس موزايك الطماطم، وسلالات أخرى على نطاق تجارى فى الولايات المتحدة،وكندا، والدانمرك، وفرنسا، وهولندا، وإنجلترا، واليابان.

ولتحقيق أفضل النتائج.. ينصح بعدوى الأوراق الفلقية للطماطم بمعلق نقى من سلالة ضعيفة من الفيرس قبل الشتل. تُظهر هذه النباتات عادة نقصًا قليلاً فى النمو بعد العدوى بفترة قصيرة، لكن نادرًا ما تظهر عليها أية أعراض أخرى بعد ذلك، وتبقى خالية من الأعراض حتى إذا تعرضت للإصابة بسلالة شديدة الضراوة من الفيرس. وتؤدى هذه المعاملة إلى زيادة محصول الثمار بنحو ٥٠٪-٧٠٪ بالمقارنة بمحصول

النباتات التى تترك معرضة للإصابة بالسلالات القوية دون حمايتها بسلالة ضعيفة، كما تزيد فيها نسبة ثمار الدرجة الأولى، وتتشابه فى هذا الشأن مع النباتات المقاومة للفيرس.

ومن أهم عيوب هذه الطريقة فى مكافحة الفيرس: وجود الفيرس فى جميع النباتات بأعداد فلكية؛ مما يزيد من فرصة ظهور طفرات جديدة قد تكون أشد ضراوة من السلالات المعروفة من الفيرس. ومع أن هذه الطفرات لا تؤثر على النباتات التى تتكون فيها، إلا أنها تتكاثر وتزداد فرصتها للظهور فى المواسم التالية. كما أن لهذه الطريقة أخطارها الجسيمة عند تعرض نباتات الطماطم للإصابة بفيرس X البطاطس (PVX)، حيث تصاب النباتات حينئذٍ بمرض تخطيط الطماطم المزدوج؛ وبذلك تصبح النباتات عديمة القيمة الاقتصادية.

فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم

رغم إصابة هذا الفيرس لعدد محدود من محاصيل الخضر، منها الفاصوليا على سبيل المثال، فإنه لا يعد خطيرًا إلاّ على الطماطم.

ولمكافحة فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم يتعين منع تغذية حشرة الذبابة البيضاء الحاملة للفيرس على نباتات الطماطم بكل السبل المكنة، مع مكافحة الذبابة ذاتها والحد من تكاثرها؛ لتجنب انتشار الفيرس بصورة وبائية فى حقول الطماطم.

وبينما يكون من السهل — نسبيًّا — مكافحة الذبابة البيضاء كآفة حشرية، والحد من أضرار تغذيتها المباشرة على النباتات.. فإن مكافحتها كناقل للفيرس Virus Vector يعد أمرًا أكثر صعوبة؛ حيث تكفى تغذية ثلاث حشرات فقط حاملة للفيرس على نبات الطماطم لإصابته بالفيرس.

ونظرًا للعلاقة الوثيقة بين مكافحة فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم ومكافحة حشرة الذبابة البيضاء، فإن تناولنا للموضوع فى هذا المقام يتضمن مختلف طرق المكافحة المتكاملة لكليهما.

المكافحة بزراعة الأصناف المقاومة

تعتمد استراتيجية مكافحة فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى الطماطم على استخدام الأصناف المقاومة فى الزراعة، مع استعمال الشباك المانعة لوصول الحشرات الناقلة للفيرس إلى النباتات (Holt وآخرين ١٩٩٩).

ولقد أنتج منذ أواخر الثمانينيات وإلى الآن ما لا يقل عن خمسين هجينًا من الطماطم التى تتحمل الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم. وجميع هذه الهجن تصاب بالفيرس، ويلزم معها مكافحة الذبابة البيضاء، إلا أن أعراض الإصابة التى تظهر عليها لا تكون بنفس الشدة التى تظهر بها على أصناف الطماطم الأخرى، ولا يتأثر محصولها كثيرًا بالإصابة، كما يكفى معها لمكافحة الذبابة البيضاء نحو ١/٤ عدد مرات الرش بالمبيدات التى تعطى للأصناف الأخرى.

المكافحة بتخير مواعيد الزراعة المناسبة

تفلت شتلات الطماطم — التى تزرع بذورها خلال شهر يناير — من الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم؛ نظرًا لعدم تواجد الذبابة البيضاء فى الحقول المكشوفة خلال تلك الفترة، ولكنها قد تتواجد فى البيوت المحمية. كما أن زراعات الطماطم فى العروات الصيفية المتأخرة والخريفية تتعرض للإصابة الشديدة بهذا الفيرس؛ بسبب ازدياد أعداد الذبابة البيضاء كثيرًا؛ ابتداء من شهر يونية حتى سبتمبر. وفى المقابل.. تزيد أسعار الطماطم المنتجة فى تلك العروات — كثيرًا — عن أسعار محصول العروة الصيفية المبكرة؛ الأمر الذى يجعل اتباع هذه الوسيلة فى المكافحة أمرًا غير عملى.

المكافحة بزراعة العوائل المفضلة للحشرة بين خطوط الطماطم

وجد (Al-Musa ١٩٨٢) فى الأردن أن زراعة الخيار، أو الباذنجان، أو الذرة بين خطوط الطماطم قبل الشتل بشهر أدى إلى خفض معدل الإصابة بالمرض فى الطماطم، وذلك لأن الحشرة فضلت هذه العوائل على الطماطم، وكان الخيار أكثرها جاذبية للحشرة. كما أوصى Yassin (١٩٨٣) باتباع هذه الطريقة فى مكافحة المرض فى السودان.

وفى كوستاريكا نجح استعمال الفاصوليا كمحصول صائد للحشرة – بين خطوط الطماطم – فى خفض أعداد الذبابة على نباتات الطماطم (Peralta &Hilje ١٩٩٣).

وتزداد فاعلية هذه الطريقة عند رش النباتات الصائدة للحشرة بالمبيدات الجهازية التى تعمل على قتل الحشرات التى تحط عليها أولاً بأول.

المكافحة باستعمال قش الأرز كغطاء للتربة لجذب الحشرات

أدى استعمال قش الأرز كغطاء للتربة وقت زراعة البذور إلى تأخير انتشار الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى حقول الطماطم لمدة ٣ أسابيع، وصاحب ذلك نقص أعداد حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس فى الحقل، وكانت الحشرة تنجذب نحو القش بسبب لونه الأصفر، ثم تموت بسبب حرارته العالية. وقد انخفضت فاعلية القش بعد ثلاثة أسابيع من فرشه على سطح التربة، وصاحب ذلك تحوله إلى اللون الرمادى (Cohen وآخرون ١٩٧٤).

المكافحة بتثبيت لوحات وشرائط صفراء جاذبة للحشرات

تنجذب بعض الحشرات – بقوة – إلى اللون الأصفر الذى يعكس الأشعة التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٥٠٠ و ٧٠٠ نانومتر (مللى ميكرون)، ومن امثلتهما حشرتا المنّ والذبابة البيضاء.

تتوفر الشرائط اللاصقة بعرض ٥ سم، وبطول ٦٠٠م، وهى تصنع من البوليثيلين، وتكون ذات لون أصفر زاهٍ، ومغطاة بمادة لزجة تلتصق بها الحشرات بعد أن تنجذب إلى اللون الأصفر. يحتاج الفدان إلى نحو ١٨٠٠ متر طولى من الشريط، ويكفى نحو لتر من المادة اللاصقة لدهان ١٠٠ متر من الشريط.

أما اللوحات اللاصقة فإنها تتوفر بأبعاد ١٥ × ٣٠ سم، وهى عبارة عن شرائح من البلاستيك الأصفر الزاهى، وتغطى من الوجهين بمادة لاصقة. وتثبت هذه اللوحات عند مستوى النباتات.

تجذب الشرائط واللوحات اللاصقة الحشرات الصغيرة (مثل المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس، وصانعات الأنفاق) بسبب لونها الأصفر، ثم تلتصق بها. ولذا.. فهى تعد وسيلة فعّالة لمكافحة الحشرات الناقلة للفيروسات.

وفى الزراعات المحمية توضع اللوحات أو الشرائط اللاصقة فى مواجهة وسائد التبريد، أو فتحات التهوية للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التى تتسرب إلى داخل البيت. ويؤدى استعمال هذه الشرائط إلى زيادة فاعلية المبيدات فى مكافحة الذبابة البيضاء (Rui & Zheng ١٩٩٠).

ومن عيوب استعمال شرائح البوليثيلين الصفراء اللاصقة فى الحقول المكشوفة تعرضها للتمزق بفعل الرياح، كما أن كفاءتها تقل تدريجيًّا، بسبب التصاق الغبار وحبيبات الرمل – التى تحملها الرياح – بها (عن Palti ١٩٨١).

المكافحة باستعمال أغطية للبيوت البلاستيكية من الفينيل الممتص للأشعة فوق البنفسجية UV-Absorbing

يؤدى ذلك إلى انخفاض أعداد الذبابة البيضاء على نباتات الطماطم، مقارنة بالأعداد التى تتواجد فى حالة البيوت المغطاة بشرائح الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

المكافحة باستعمال أغطية التربة البلاستيكية الصفراء الجاذبة للحشرات

يفيد استخدام البلاستيك (البوليثيلين) الأصفر – كغطاء للتربة فى حالة الطماطم – فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

وقد وجد أن استعمال الأغطية البلاستيكية الصفراء للتربة مع الرش اليومى لنباتات الطماطم بمبيد Smash أدى إلى خفض الإصابة بالفيرس فى صنف الطماطم TY20 إلى

٢,٢٪ (فى وادى الأردن الذى تكون الإصابة فيه بالفيرس عالية للغاية فى العروة الخريفية)، مقارنة بنحو ٤٥٪ باستعمال بلاستيك شفاف مع الرش أسبوعيًا بالمبيد (عن Zamir وآخرين ١٩٩١).

كذلك أدى استعمال أغطية التربة البلاستيكية الصفراء إلى نقص أعداد الذبابة البيضاء وتأخير الإصابة بفيرس تبرقش الطماطم Tomato Mottle Virus — الذى تنقله الذبابة البيضاء — فى ولاية فلوريدا الأمريكية، وذلك مقارنة باستعمال أغطية التربة البلاستيكية الزرقاء، والبرتقالية، والحمراء، والفضية، والبيضاء (Csizinsky وآخرون ١٩٩٥).

المكافحة باستعمال أغطية التربة البلاستيكية العاكسة للضوء والطاردة للحشرات

تستعمل لهذا الغرض أغطية بلاستيكية (أغطية بوليثيلين) تكون فضية اللون من سطحها العلوى لطرد الحشرات، وسوداء من سطحها السفلى لمنع نمو الحشائش. تثبت هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يُحدث ارتباكًا لبعض الحشرات (مثل: المنّ، والتربس، والذبابة البيضاء، وصانعات الأنفاق) عندما تحاول أن تحط على النباتات؛ وبذا.. فهى تفيد فى مكافحة الحشرات ذاتها، وفى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات.

المكافحة باستعمال الأغطية الطافية للنباتات لمنع وصول الحشرات إليها

تستعمل الأغطية الطافية للنباتات Floating Plant Covers (مثل غطاء أجريل بى ١٧ Agryl P17) لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام هو منع الأغطية وصول الحشرات الناقلة للفيروسات إلى النباتات.

وهذه الأغطية غير منسوجة، وتصنع أما من البوليسترين، وإما من البولى بروبلين، وهى خفيفة الوزن؛ حيث لا يزيد وزنها على ١٧ جم لكل متر مربع، وتسمح بنفاذ الماء والهواء، ونحو ٩٠٪-٩٥٪ من الضوء الساقط عليها.

توضع هذه الأغطية إما على النباتات مباشرة، وإما على أقواس سلكية متباعدة تثبت على خطوط الزراعة. والطريقة الثانية هى المفضلة، ويلزم معها تغليف الأقواس السلكية بخراطيم رى بالتنقيط مستهلكة للمحافظة على الغطاء من التمزق.

وقد قامت شركات محلية بتصنيع أغطية قماشية منسوجة ذات فتحات ضيقة جدًا غير منفذة لحشرة الذبابة البيضاء. هذه الأغطية منفذة للضوء بنسبة عالية، ولكنها تعطى بعض التظليل، وهذا أمر مرغوب فيه فى ظروف الحرارة العالية صيفًا. وتتميز هذه الأغطية — وهى معاملة ضد الأشعة فوق البنفسجية — بأنها أكثر قدرة على التحمل — بكثير — عن أعطية الأجريل، بحيث يمكن استعمالها لأكثر من موسم زراعى. وهى تثبت على أقواس سلكية فوق خطوط الزراعة كما هى الحال فى الأنفاق البلاستيكية. وتعتبر هذه الأنفاق ذاتية التهوية.

وأكثر استعمالات أغطية النباتات بمختلف أنواعها — هو فى حماية المشاتل من الإصابات الفيروسية، بمنع وصول الذبابة البيضاء — وغيرها من الحشرات الناقلة للفيروسات — إلى البادرات الصغيرة.

وقد استعلمت الأغطية الطافية فى الزراعات الحقلية لوقاية النباتات من جميع الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات؛ فهى — مثلاً — تستخدم بصورة تجارية لحماية الطماطم من فيرس تجعد واصفرار الأوراق فى منطقة الشرق الأوسط، وفى حماية الكوسة من فيروسى تجعد أوراق الكوسة واصفرار الخس المعدى فى كاليفورنيا، وفى حماية الباذنجانيات من فيرس Y البطاطس فى أوريجون، وفى حماية الخس من فيرس موزايك الخس فى أوروبا.

المكافحة بالزيوت المعدنية

ظهر اتجاه نحو استخدام الزيوت المعدنية منفردة، أو مخلوطة مع المبيدات الحشرية فى مكافحة حشرة الذبابة البيضاء. وخفض فعاليتها فى نقل الفيرس. وقد استخدمت الزيوت المعدنية فى الهند، وثبتت فعاليتها فى السودان (Yassin ١٩٨٣). وفى الأردن.. أدى رش نباتات الطماطم بمخلوط أى من الزيوت المعدنية HI-PAR، أو Sunoco مع أى من المبيدات الحشرية Permethrin، أو Methidathion، أو Pirmiphos-Methyl إلى قتل الحشرات البالغة، ومنعها من إصابة نباتات الطماطم المعاملة، وزيادة محصول الطماطم بنسبة ١٨٨٪ إلى ٣٢٩٪ مقارنة بمحصول النباتات غير المعاملة (Sharaf and Allawi ١٩٨١).

كذلك أفاد الرش بزيت الفولك ١٠٠ (Volk 100 Neutral) فى خفض أعداد الأفراد البالغة من الذبابة البيضاء على الطماطم المعاملة، مقارنة بنباتات معاملة الشاهد (Peralta & Hilje ١٩٩٣).

المكافحة بالمنظفات الصناعية

أوضحت دراسات Vavrina وآخرون (١٩٩٥) أن المنظفات الصناعية المنزلية السائلة Liquid Household Detergents كانت أكثر سمية لحوريات الذبابة البيضاء — تحت ظروف المختبر — من تحضيرات الصابون التجارية المستخدمة كمبيدات حشرية Commercial Insecticidal Soap وقد استخدم فى هذه الدراسة المنظف الصناعى التجارى New Day الذى يحتوى على ٢٦٪ sodium dodecyl benzene sulphonate و sodium laurylether sulphate، مقارنة بالمبيد الحشرى الصابونى M-Pede الذى يحتوى على ٤٩٪ ملح بوتاسيوم لحامض دهنى طبيعى. ووجد أن المعاملة بالمنظف الصناعى أسبوعيًّا بتركيز ٠,٢٥٪ — ٠,٥٠٪ - بداية من بعد الشتل بأسبوعين — لم يكن لها أية تأثيرات سلبية على النمو الخضرى لنباتات الطماطم أو المحصول.

المكافحة بالمضادات الحيوية للذبابة البيضاء

أظهرت دراسات Costa وآخرون (١٩٩٣) إمكانية استخدام المضادات الحيوية — مثل Oxytetracycline hydrochloride — فى إضعاف نمو الحشرة وتكاثرها، وإضعاف نمو نسلها. وقد أثر هذا المضاد الحيوى على كائنات دقيقة تعيش فى أجساد الحشرة الكاملة وحورياتها؛ وهى كائنات يعتقد فى أنها تعيش معيشة تعاونية مع الحشرة وتتبادل معها المنفعة. وقد أوضحت هذه الدراسة أن معاملة إناث الحشرة بالمضاد الحيوى قلل من قدرة نسلها على إحداث أعراض التلون الفضى فى الكوسة.

المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء

للذبابة البيضاء أعداد طبيعية؛ منها بعض أنواع الزنابير؛ مثل: *Encarsia formosa*، و *Eretmocerus haldmani*. تضع إناث هذه الزنابير بيضها على يرقات وحوريات الذبابة البيضاء؛ لتتغذى اليرقات التى تفقس من البيض على سوائل جسم هذه الأطوار من الحشرة وتقضى عليها.

وفى ألمانيا يتوفر على نطاق تجارى النوع *Eretmocerus californicus* لمكافحة الذبابة البيضاء (Albert & Schneller ١٩٩٤)، وفى إيطاليا نجح النوع المحلى *Encarsia pergandiella* فى مكافحة الذبابة البيضاء *T. vaporariorum* فى البيوت المحمية (Giorgini & Viggiani ١٩٩٤).

وفى مصر.. قام Abdel-Gawad وآخرون (١٩٩٠) بحصر الأعداء الطبيعية للذبابة البيضاء تحت ظروف الحقل المكشوف؛ حيث كانت كما يلى:

العدو الطبيعى	الطور الحشرى الذى يتطفل عليه	موسم ازدياد التطفل
Euseius gassipi	الأطوار غير تامة النمو	أغسطس وسبتمبر
Coccinella undecimpuncatata	الأطوار غير تامة النمو	مايو وسبتمبر
Chrysoperla carnea	العذارى خاصة	متأخرًا خلال العام
Aphidoletes aphidimyza	العذارى	يولية إلى أكتوبر
Eretmocerus mundus	شوهدت تخرج من اليرقات والعذارى	
Encarsia lutea	شوهدت تخرج من اليرقات والعذارى	
فطر (لم يُعرَّف)	لوحظ وهو يصيب الحشرة	

وقد قدر الباحثون أن هذه الأعداء الطبيعية تتسبب فى موت نحو ٨٠٪ من أعداد الذبابة البيضاء فى الظروف الطبيعية.

كما قام هؤلاء الباحثون أنفسهم (Shalaby وآخرون ١٩٩٠) بدراسة دور الحشرتين الأخيرتين (*Eretmocerus mundus*، و *Encarsia lutea*) فى المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء؛ حيث تبين وجود ارتباط إيجابى بين كثافة الذبابة وأعداد المتطفلات. وكان التطفل على أشده قبل حصاد المحاصيل الصيفية (مثل الطماطم والقرعيات) بفترة تتراوح بين شهر واحد وشهرين، حيث كانت *Encarsia lutea* أكثر تواجدًا، وفى بداية موسم النمو فى المحاصيل الشتوية (مثل البسلة والفول الرومى)؛ حيث كانت *Eretmocerus mundus* أكثر تواجدًا.

ويستدل من دراسات Matsui (١٩٩٥) أن الطفيل *Encarsia formosa* كان فعّالاً — كذلك — فى مكافحة ذبابة أوراق الكوسة الفضية *Bemisia argentifolii*.

المكافحة بالإيوجينول

أدى رش نباتات الطماطم النامية فى صوبة محمية بالإيوجينول eugenol إلى خفض شدة إصابتها بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم جهازيًّا. ولقد حثَّت المعاملة بالإيوجينول تراكم فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 فى نباتات الطماطم وازداد جوهريًّا نشاط الإنزيمات: peroxidase، و polyphenol oxidase، و phenylalanine ammonia lyase، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول. كذلك لوحظت زيادة فى مستويات حامض السيلسيلك والبروتينات ذات العلاقة بالنشاط المرض pathogensis-related proteins، التى تُعد علامة جزيئية على حدوث مقاومة جهازية مكتسبة SAR (Wang & Fan ٢٠١٤).

فيروسات: ذبول الطماطم المتبقع، وموزايك الخيار، وإكس البطاطس، وواى البطاطس

المكافحة بأغطية التربة العاكسة للضوء

تعمل أغطية التربة البلاستيكية العاكسة للضوء — مثل الأغطية الألومنيومية — على طرد

التربس الناقل للفيرس وبعض الحشرات الأخرى؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية عليها؛ الأمر الذى يحدث ارتباكًا لبعض الحشرات عندما تحاول أن تحط على النباتات.

فمثلاً.. أدى استعمال غطاء بلاستيكى ذو سطح ألومنيومى (فضى) إلى خفض أعداد حشرة التربس بنسبة ٦٨٪، ونقص نسبة الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع بنسبة ٦٤٪ (Greenough وآخرون ١٩٩٠). كذلك وجد Brown & Brown (١٩٩٢) — فى ولاية ألاباما الأمريكية — أن حشرة التربس كانت أقل تواجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل فى إنتاجها غطاء بلاستيكى أسود، أو بلاستيكى بلون الألومنيوم، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أبيض. كما وجد Csizinsky وآخرون (١٩٩٥) أن حشرة التربس كانت أقل تواجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل فى إنتاجها غطاء بلاستيكى ألومنيومى، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أزرق، أو برتقالى، أو أحمر، أو أصفر.

وقد وجد Kring & Schuster (١٩٩٢) أن الأغطية البلاستيكية المطلية بلون ألومنيومى كانت لها نفس فاعلية الأغطية البلاستيكية الألومنيومية فى خفض أعداد حشرة التربس فى حقول الطماطم، وكان كلاهما أفضل من الزراعة بدون غطاء بلاستيكى.

أدت تغطية نباتات الطماطم بغطاء من البروبولين (Ortoclima Base UV17 زنة ١٧ جم/م^{٢}) لمدة ٥٥ يومًا (من اليوم الثلاثين إلى اليوم الخامس والثمانين من دورة النمو) إلى إحداث خفض جوهرى فى الإصابة النباتية بكل من فيرس موزايك الخيار الذى ينقله المن، وفيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينقله التربس؛ وانخفضت نسبة الثمار المتأثرة بالفيروسين، دون أى تأثير على جودة الثمار، بل إن الجودة تحسنت فى بعض الحالات (Pentangelo وآخرون ١٩٩٩).

فيرس إكس البطاطس

المكافحة بحامض السلسيلك

أحدث رش نباتات الطماطم بحامض السلسيلك زيادة فى التعبير الجينى لكل من الإنزيمين β-1,3-glucanase، و phenylalanine ammonia lyase، وزيادة فى تركيز

المركبات المضادة للأكسدة بعد سبعة أيام من المعاملة، كما أدت المعاملة إلى تأخير ظهور فيرس إكس البطاطس فى الأوراق غير المحقونة بالفيرس من نباتات الطماطم المحقونة ميكانيكيًا، وحفزت البناء الضوئى فى النباتات المصابة بالفيرس (Falcioni وآخرون ٢٠١٤).

الهالوك

المكافحة بالتطعيم

يُعد الهالوك *Phelipanche aegyptiaca* (سابقًا: *Orobanche aegyptiaca*)، و *P. ramosa* من آفات الطماطم الهامة، وقد أفاد استعمال الأصول المقاومة — كثيرًا — فى الحد من إصابة الطماطم، إلاّ أن استعمال تلك الأصول لم ينتشر على النطاق التجارى بعد (Louws وآخرون ٢٠١٠).

الفصل العاشر

الفلفل والباذنجان

نتعامل فى هذا الفصل مع أمراض الفلفل والباذنجان معًا، وعلى الرغم من أن معظم المناقشة تدور حول أمراض الفلفل، فإن بعض أمراض الباذنجان – مثل ذبول فيرتسيليم – تسود فيها المناقشة حول الباذنجان.

وكما فى محاصيل الخضر الأخرى.. فإن المقاومة الجهازية المكتسبة تلعب دورًا هامًّا فى المكافحة، ويُعد Choi & Hwang (٢٠١١) مرجعًا فى المقاومة الجهازية المكتسبة فى الفلفل؛ كتلك التى يستحثها حامض السلسيلك، والـ DL-β-amino-n-butyric acid، والـ benzothiadiazols، والسلالات غير المرضة من مسببات الأمراض.

وقد وجد أن نباتات الفلفل المعاملة بالمبيدات حدث فيها انخفاض سريع فى شدة الإصابة المرضية بعد معاملتها بحامض الجاسمونك، وأن تأثير المعاملة بالحامض كان بطيئًا فى البداية، وازدادت فاعليته مع الوقت. كذلك وجد أن حامض الجاسمونك كان أكثر فاعلية عن حامض السلسيلك فى خفض شدة الإصابة وزيادة المحصول (Awang وآخرون ٢٠١٣).

الذبول الفيوزارى

المكافحة بالتطعيم

يسبب الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *redolens* مرض الذبول الفيوزارى فى الفلفل. وعلى الرغم من توفر المقاومة فى بعض الهجن الجنسية إلاّ إنها لم تكن متوافقة كأصول مع الفلفل. هذا.. بينما وجدت المقاومة فى بعض سلالات الفلفل، وأمكن استخدامها كأصول متوافقة مع المحصول.

أما مقاومة الذبول الفيوزارى فى الباذنجان، الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* فإنها تتوفر فى الأصل *Solanum torvum* المتوافق مع الباذنجان.

كذلك يُعد أصل الباذنجان *S. torvum* مقاومًا للسلالة 1 من *V. dahliae* ومتوسط المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور، كما تُعد السلالتان EG195، و EG203 من *S. melongena* مقاومتين لكل من السلالات 0، 1، 2 من فطر الذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجذور ومتوسطتا المقاومة للفطر *Sclerotium rolfsii* (Louwes وآخرون ٢٠١٠).

ذبول فيرتسيليم

المكافحة بالتطعيم

يؤدى تطعيم الباذنجان على أصل من الطماطم المقاومة للفطر *Verticillium dahliae* مسبب مرض ذبول فيرتسيليم إلى تثبيط الإصابة بالفطر (Liu وآخرون ٢٠٠٩).

وقد أفاد تطعيم الباذنجان على الهجين النوعى Brigeor (وهو هجين نوعى بين الطماطم وأحد أنواعها البرية) فى خفض الإصابة بالذبول إلى ٢٠٪ فقط، مقارنة بإصابة ٩٦٪ فى نباتات الكنترول غير المطعومة. ويشيع استخدام *Solanum torvum* كأصل للباذنجان، حيث يُستخدم فى اليابان — على سبيل المثال — فى ٥٠٪ من المساحة المزروعة بالمحصول. يُوفر هذا الأصل مقاومة أفضل لنيماتودا تعقد الجذور. وعلى الرغم من أن *S. torvam* لا يوفر مستوى عالٍ من المقاومة لذبول فيرتسيليم، فإن محصول الثمار يكون عاليًا ويماثل محصول النباتات التى تزرع فى تربة معاملة ببروميد الميثايل، كما أنه يوفر مقاومة ومحصولاً أعلى مما يوفره الأصل *S. sisymbriifolium*. لكن يُعاب على *S. torvum* أنه قد يصبح حشيشة خبيثة (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة المزدوجة بكل من الترايكودرما والدازوميت

كانت المعاملة المزدوجة للتربة بكل الدازوميت dazomet والترايكودرما *Trichoderma asperellum* بديلاً كفؤًا لبروميد الميثايل لأجل مكافحة فطريات التربة المرضة (*Colletotrichum coccodes*، و *Fusarium* spp.، و *Verticillum dahliae*) فى الفلفل (Slusarski & Pietr ٢٠٠٩).

المكافحة بسلالات فيوزاريم غير ممرضة

أدت معاملة الفلفل بالسلالة غير الممرضة Fo47 من *Fusarium oxysporum* إلى حمايتها من الإصابة بكل من الفطر *Verticillium dahliae* — مسبب مرض ذبول فيرتسيليم — والفطر *Phytophthora capsici*، مسبب مرضى عفن الجذور الفيتوفثورى ولفحة فيتوفثورا، وذلك بحثها تعبير ثلاثة من جينات الدفاع، وهى تلك التى تشفر لتمثيل الـ PR-1 protein (وهو: CABPR1)، و class II chitenase (وهو: CACHI2)، وأحد الـ sesquiterpene cyclase (وهو: CASC1). تشترك هذه الجينات فى تمثيل الكابسيديول capsidiol وهو فيتوألاكسين phytoalexin (Veloso & Diaz ٢٠١٢).

المكافحة بالديدان الأرضية

وجد أن توفير الظروف التى تعمل على زيادة أعداد الديدان الأرضية فى التربة تفيد فى تثبيط الإصابة بذبول فيرتسيليم فى الباذنجان (Elmer & Ferrandino ٢٠٠٩).

عفن الجذور الرايزكتونى واللفحة الجنوبية

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

حفَّزت معاملة الفلفل بالسلالة CA32 من البكتيريا *Bacillus subtilis* مع أى من السلالتين CA05 أو CA28 من *Pseudomonas putida* من كفاءة مكافحة الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotium rolfsii* تحت ظروف الصوبة، وذلك مقارنة بمستوى المكافحة عندما كانت المعاملة بأى من النوعين البكتيرين منفردًا (Abeysinghe ٢٠٠٩).

عفن التاج والجذر الفيتوفثورى

المكافحة بالتطعيم

يسبب الفطر *Phytophthora capsici* مرض عفن التاج والجذر الفيتوفثورى فى الفلفل والطماطم، وهو مرض خطير يمكن مكافحته بالتطعيم. ولقد وجد مستوى مقبولاً من المقاومة للمرض فى إحدى سلالات الفلفل، فضلاً عن تحملها لنيماتودا تعقد الجذور

Meloidogyne incognita. كذلك أمكن التعرف على مستويات أعلى من المقاومة للفطر *P. capsici* فى عدد من سلالات الفلفل التى كانت متوافقة كأصول، والتى أدت بعض توافقاتها مع أصناف الفلفل (فى التطعيم) إلى زيادة المحصول. كما أمكن التوصل إلى أصول من الفلفل الحار كانت متوافقة مع الفلفل الحلو، فضلاً عن تحملها للمرض، وبكتيريا الذبول، وغمر المياه flooding، وحرارة التربة العالية.

عُرِفَت كذلك بعض الهجن النوعية التى استخدمت كأصول للطماطم، والتى وفرت — مع تبخير التربة — قدرة على تحمل المرض (Louws وآخرون ٢٠١٠).

وقد حقق تطعيم الفلفل على الأصول الجذرية: الهجين Tecnico، و Robusto، و Capsifort، و Terrano مكافحة للفحة فيتوفثورا — التى يسببها الفطر *P. capsici* بنسب تراوحت بين ٥٥٪، و١٠٠٪ حسب الأصل والطعم المستخدمين. وأدت إضافة الكمبوست مع التطعيم إلى زيادة فاعلية التطعيم فى مكافحة المرض (Gildardi وآخرون ٢٠١٣).

كذلك وجدت المقاومة للفطر *Phytophthora capsici* فى عدد من سلالات وأصناف الباذنجان، وكان أكبرها مقاومة السلالتين: EG195، و EG203. وقد أوصى باختبارهما لمقاومة بعض فطريات التربة الأخرى، وتقييم مدى صلاحيتهما كأصول للطماطم والفلفل والباذنجان لتلك الفطريات (Foster وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة البيولوجية بالبكتيريا

أحدثت المعاملة بالسلالة CA32r من البكتيريا *Bacillus subtilis* خفضًا جوهريًّا فى إصابة الفلفل بعفن الجذر والرقبة الذى يسببه الفطر *Sclerotium rolfsii*. وكانت أفضل طريقة للمعاملة بالبكتيريا بتلقيح جذور الشتلات والتربة معًا. حيث أفاد ذلك فى حماية جذع الشتلات من الإصابة، وقللت من تواجد الفطر فى التربة (Abeysinghe ٢٠٠٩).

وقد أمكن عزل مجموعة من سلالات المحيط الجذرى البكتيرية (أُعطيت الأسماء الكودية: CCR04، و CCR80، وGSE09، و ISE13، و ISE14) كانت جميعها مضادة للفحة فيتوفثورا فى الفلفل. كما خفضت جميعها جوهريًّا إصابة الثمار بفطر

الأنثراكنوز *Colletotrichum acutatum* في كل من الثمار الخضراء والحمراء. وبالأخص.. حققت المعاملة بالسلالتين GSE09، و ISE14 محصولاً أعلى من الثمار وأحجامًا أكبر منها عما كان عليه الحال فى معاملة الكنترول. وقد اشتملت المركبات المتطايرة التى أنتجتها بعض هذه السلالات (مثل GSE09، و ISE13) على ١٧ مركبًا، كان 2,4-di-tert-butylphenol الوحيد الذى حفز نضج الثمار وثبط نمو وتطور نمو الفطرين *C. acutatum*، و *P. capsici*. ويستفاد من هذه الدراسة إمكان الاستفادة من السلالتين GSE09، و ISE14 فى مكافحة كلاً من لفحة فيتوفثورا والأنثراكنوز فى الفلفل، وفى إسراع نضج الثمار وزيادة المحصول (Sang وآخرون ٢٠١١).

وأحدثت معاملة الفلفل بالسلالة R89 من البكتيريا *Chryseobacterium* sp. أعلى كفاءة من المكافحة البيولوجية لكل من أمراض الفلفل: الذبول البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*) ولفحة فيتوفثورا (التى يسببها الفطر *Phytophthora capsici*)، ونيماتودا تعقد الجذور (النيماتودا *Meloidogyne* spp.)، بلغت ٩٢٪، و ٨٢٪، و٨٦٪، على التوالى للأمراض المنفردة، و ٨٧٪ للأمراض الثلاثة مجتمعة، وكان تأثير تلك العزلة أقوى عن تأثير المعاملة بأى من العزلتين AR 12 أو SM 21 من *Bacillus subtilis* (Liu وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالترايكودرما

أحدثت المعاملة بالفطر *Trichoderma harzianum* خفضًا واضحًا فى تواجد الفطر *Phytophtora capsici* — مسبب مرض عفن الجذور فى الفلفل — مع خفض لإصابة الجذور بالمرض تراوح بين ٢٤٪، و ٧٦٪؛ على الرغم من استمرار انخفاض النمو النباتى (الوزن الجاف) بنحو ٢١٪–٢٤٪، مقارنة بالنمو فى النباتات التى لم تتعرض للفطر المرض. وفى غياب فطر الترايكودرما مع تواجد الفطر المرض بلغ الانخفاض فى الوزن الجاف للنباتات حوالى ٦٠٪–٦٩٪؛ بما يعنى أن فطر الترايكودرما قلل ضرر الفطر المرض على نباتات الفلفل (Ahmed وآخرون ١٩٩٩).

المكافحة بالمستخلص المائى للكمبوست

وجد أن المستخلص المائى للكمبوست المجهز بصورة تجارية يُفيد فى مكافحة إصابات جذور الفلفل ونمواته الخضرية بالفطر *Phytophthora capsici*. وقد ثبطت تلك المستخلصات إنبات الجراثيم السابحة، واستطالة الأنابيب الجرثومية،ونمو الغزل الفطرى، وحَدَّت من عشيرة الفطر. ويبدو أن المستخلصات تحتوى على مركب أو مركبات كيميائية ثابتة حراريًّا يمكنها تثبيط إصابات الجذور والنموات الخضرية للفلفل بالفطر *P. capsici*، إضافة إلى تثبيطها غير المباشر لإصابات النموات الخضرية من خلال حثَّها لمقاومة جهازية توفر حماية واسعة المدى (Sang وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالملاط الناتج من الهضم اللاهوائى للسبلة الحيوانية

يُعد الهضم اللاهوائى طريقة واعدة لمعاملة الكميات الضخمة من السبلة الحيوانية – التى تنتج من مزارع الإنتاج الحيوانى – لما تتميز به من كفاءة فى الحصول على الطاقة، مع الاستعمال الأكثر فائدة للملاط slurry الناتج. وقد وجد أن المعاملة بالملاط المهضوم لاهوائيًّا anaerobically digested slurry ثبط الفطر *Phytophthora capsici* مسبب مرض عفن الجذور الفيتوفثورى، وقللت جوهريًّا من الإصابة بالمرض (Cao وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالسيليكون

أحدثت إضافة السيليكون – فى صورة سيليكات الكالسيوم – إلى بيئة نمو الفلفل (١ : ١ مخلوط من الرمل الناعم والبيت) زيادة قدرها ٤٠٪ فى محتوى الجذور فقط (دون السيقان) من السيليكون، كما أسهمت المعاملة فى تعزيز النمو النباتى وفى خفض شدة الإصابة بلفحة فيتوفثورا التى يسببها الفطر *Phytophthora capsici* (French-Monar وآخرون ٢٠١٠).

البياض الدقيقى

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى والترايكودرما

دُرس دور معاملة الفلفل بكل من المبيد azoxystrobin، والبكتيريا *Pseudomonas fluorescens* فى مكافحة الفطر *Colletotrichum capsici* مسبب مرض الأنثراكنوز، والفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى، ووُجد أنها تؤدى إلى زيادة نشاط إنزيمات الدفاع: بيروكسيديز peroxidase، وبولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase، وفينيل آلانين أمونيا لاييز phenylalanine ammonia lyase، وكذلك زيادة محتوى النباتات من المركبات الحاثة للدفاع (الفينولات الكلية) (Anad وآخرون ٢٠٠٩).

كذلك أحدثت المعاملة يراشح أى من مزارع *Trichoderma viride*، أو *T. harzianum*، أو *Pseudomonas fluorescens* تثبيطًا قويًّا لإنبات جراثيم *L. taurica* الكونيدية تحت ظروف الصوبة والحقل (Sudhu & Lakshmanan ٢٠٠٩).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أحدثت المعاملة بمستخلصات أوراق *Azadirachta indica* بتركيز ١٠٪ وأبصال *Allium sativum* (الثوم)، و *A. cepa* (البصل) بتركيز ٥٪ تثبيطًا قويًّا لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر *Leveillula taurica* (سابقًا: *Oidiopsis taurica*) مسبب مرض البياض الدقيقى فى الفلفل تحت ظروف الصوبة والحقل (Sudha & Laakshmanan ٢٠٠٩).

المكافحة بالمركبات الفوسفورية والكبريت

كان رش النباتات بأى من الـ dipotassium hydrogen orthophosphate أو فوسفات أحادى البوتاسيوم ذا كفاءة عالية فى خفض الإصابة بالبياض الدقيقى فى الفلفل تحت ظروف الصوبة والحقل. وتسببت المعاملة بالـ dipotassium hydrogen orthophosphate زيادة جوهرية فى كل من البروتين والفينولات الكلية ونشاط الـ phenylalanine ammonia lyase. والبولى فينول أوكسيديز والبيروكسيديز.

وقد كان الرش الورقى بالكبريت بالتبادل مع الـ dispotassium hydrogen orthophosphate أو مستخلص نبات *A. indica* بنفس درجة فاعلية التبادل مع الكبريت القابل للبلل wettable sulphur (Reuveni & Reuveni ١٩٩٨، و Sudha & Lakshmanan ٢٠٠٩).

البقع البكتيرية

المكافحة بالتحميل على أصناف مقاومة

أمكن خفض إصابة الفلفل بالبكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* مسببة مرض البقع البكتيرية، وذلك بتحميل الصنف (المرغوب فيه) القابل للإصابة مع أصناف أخرى مقاومة، مع الرش بالمبيدات النحاسية، وذلك مقارنة بزراعة الصنف القابل للإصابة منفردًا (Kousik وآخرون ١٩٩٦).

نيماتودا تعقد الجذور

المكافحة بالتطعيم

أظهرت السلالة AR-96023 من *Capsicum annuum*، وعدة سلالات من *C. frutescens* مقاومة معتدلة ومقاومة عالية نسبيًا — على التوالى — للنيماتودا *M. incognita*. وقد انخفضت أعداد بيض النيماتودا المنتج إلى السُدس، وازداد محصول الفلفل بمقدار الضعف عندما استخدمت السلالة AR-96023 كأصل، وكان التوافق جيدًا بين الأصل والطعم (Oka وآخرون ٢٠٠٤).

ولقد أمكن التعرف على سلالات من الفلفل مقاومة لكل من السلالتين ١، ٢ من *M. incognita*، ولـ *M. arenaria*، و *M. javanica*، ولكن ليس لأى من السلالة ٣ من *M. incognita* أو لـ *M. hapla*. تستخدم هذه السلالات بنجاح كأصول مقاومة لأصناف الفلفل التجارية. كذلك أمكن التعرف على سلالات من كل من: *C. annuum*، و *C. frutescens*، و *C. chinense*، و *C. chacoense*، و *C. baccatum* كانت متوسطة إلى عالية المقاومة للنوع *M. javanica*، لكنها كانت قابلة للإصابة بالسلالة ٢ من *M. incognita* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

فيرس موزايك الطماطم

المكافحة بالموجات الضوئية المناسبة

ظهرت أعراض الإصابة بفيرس موزايك الطماطم على الفلفل ببطء، وكانت أقل شدة عندما كانت النباتات مزودة (فى الزراعات المحمية) بلمبات كهربائية توفر لها كلا من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية A، وتحقق ذلك باستعمال لمبات تعطى ٨٣٪ ضوء أحمر عند ٦٦٠ نانوميترًا، و١٧٪ أشعة تحت حمراء عند ٧٣٥ نانوميترًا، وذلك مقارنة بتطور أعراض الإصابة فى النباتات التى نمت فى وجود مصادر ضوئية تفتقر إلى كل من الضوء الأزرق (٦٦٠ نانوميترًا)، والأشعة فوق البنفسجية A (٦٦٠/٧٣٥ نانوميترًا) (Schuerger & Brown ١٩٩٧).

فيروسا واى البطاطس و موزايك الخيار

المكافحة بالأغطية الطافية

يُفيد استخدام الأغطية الطافية لمصاطب الزراعة فى الفلفل فى حماية النباتات من الإصابة بكل من فيرس واى البطاطس، وفيرس موزايك الخيار اللذان ينقلهما المن، ولكن استعمال تلك الأغطية لا يكون مجديًا من الناحية الاقتصادية إلا فى حالات الإصابة الفيروسية الشديدة (Avilla وآخرون ١٩٩٧).



الفصل الحادى عشر

البطاطس

أعفان الجذور والذبول وأمراض التربة

تتعدد — كثيرًا — أمراض الجذور والذبول والأمراض الأخرى التى تعيش مسبباتها فى التربة وتصيب البطاطس، والتى تكون إصابتها — بصفة أساسية — عن طريق التربة. كذلك تتعدد وسائل مكافحة تلك الأمراض، ومنها ما يعتمد على التحكم فى العوامل البيئية. ويمكن الإطلاع على وسائل مكافحة أمراض التربة فى البطاطس بالوسائل التى تعتمد على العوامل البيئية فى Lazarovits (٢٠١٠).

المكافحة بتشميس التربة

يفيد التعقيم بالأشعة الشمسية solarization فى خفض معدل الإصابة بمرض النقطة السوداء Black dot الذى يسببه الفطر *Colletotrichum coccodes*، على أن تستمر التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة ٨ أسابيع، مع ضرورة وصول الحرارة فى الخمسة سنتيمترات العلوية من التربة إلى ٥٦°م (Denner وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة الحيوية بالبكتيريا والفطريات والكمبوست ومستخلصاته والدورة

أدت المعاملة بكائنات المكافحة الحيوية: العزلة GB03 من *Bacillus subtilis*، والعزلة: Rhs1A1 (الـ hypovirulent) من *Rhizoctonia solani*، وإضافات الكمبوست (من مصادر عضوية مختلفة) إلى تحسين مكافحة أمراض البطاطس التى تصيبها عن طريق التربة، وإلى تحسين إنتاجها (Larkin & Tavantzis ٢٠١٣).

كذلك أحدثت المعاملة بالطراز البيولوجى F (العزلة DF37) من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* خفضًا جوهريًا فى إصابة البطاطس بذبول فيرتسيليم (نسبة

حدوث المرض، وشدته، وتلون الحزم الوعائية) الذى يسببه الفطر *Verticillium dahliae* فى كل من صنفى البطاطس Russet Burbank المتوسط القابلية للإصابة، و Kennebec شديد القابلية للإصابة. وبالمقارنة.. فقد قللت المعاملة بالعزلة M1 من البكتيريا *Bacillus pumulis* من الإصابة فى الصنف Kennebec فقط (Uppal وآخرون ٢٠٠٨).

هذا.. وتنتج السلالة LBUM223 من البكتيريا *Pseudomonas* sp. مركبًا يعرف بالاسم الكيميائى phenazine-1-carboxylic acid (اختصارًا: PCA أو phenazine) قادر على تثبيط نمو *Streptomyces scabies* مسبب مرض الجرب العادى فى البطاطس، وذلك فى ظروف البيئة الصناعية. كذلك أدت المعاملة بالبكتيريا إلى تقليل أعراض الإصابة بالمرض جوهريًّا. وقد تبين أن البكتيريا تثبط التعبير عن الجين txtA فى *S. scabies*، وهو الجين المسئول عن إنتاج الـ thaxtomin A الضرورى لحدوث الإصابة؛ أى إنها تقلل من ضراوة المسبب المرضى؛ هذا على الرغم من أن المعاملة بسلالة *Pseudomonas* sp. أدت إلى زيادة تواجد *S. scabies* فى المحيط الجذرى؛ أى إنها لم توفر تضادية حيوية (Arseneault وآخرون ٢٠١٣).

وقد أدت إضافة مستخلص الكمبوست المهوّى aerobic compost tea ، والمعاملة بالمستخلص مع كائنات دقيقة مفيدة لحقول البطاطس إلى تقليل الإصابة بكل من: تقرح الساق، والقشف الأسود، والجرب العادى على الدرنات المنتجة بنحو ١٨٪-٣٣٪؛ وزيادة المحصول بنحو ٢٠٪-٢٣٪ عندما كانت زراعة البطاطس بعد دورة الشعير والزُّوان ryegrass. هذا.. بينما لم تكن أى من المعاملات فعّالة عندما استمرت زراعة البطاطس بدون دورة؛ كما أن بعض الدورات كانت أكثر فاعلية عن غيرها، إضافة إلى أن المخلفات العضوية لبعض الدورات كانت أكثر كفاءة فى التأثير الإيجابى على عشائر الكائنات الدقيقة فى التربة عن المعاملة بمستخلص الكمبوست والكائنات الدقيقة المفيدة (Larkin ٢٠٠٨).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أدت المعاملة بمستخلص نبات Canada milkvetch إلى خفض الإصابة بذبول فيرتسيليم بنسبة ٥٥٪-٨٤٪، مقارنة بالذبول فى نباتات الكنترول، سواء أجريت المعاملة بإضافة المستخلص النباتى إلى التربة، أم عوملت به درنات التقاوى (Uppal وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بالفوسفيت

تُفيد معاملة تقاوى البطاطس ونمواتها الخضرية بفوسفيت البوتاسيوم potassium phosphite (وهو ملح البوتاسيوم لحامض الفوسفورس phosphorous acid) فى حث تكوين استجابات دفاعية فى نسيجى بيريدرم الدرنات المتكونة وقشرتها، تكون مصاحبة بتغيرات تركيبية وبيوكيميائية (Olivieri وآخرون ٢٠١٢).

إن الفوسفيتات phosphates هى أملاح معدنية لحامض الفوسفورس phosphorous acid. ولقد وفرت معاملة درنات التقاوى بالفوسفيت حماية كبيرة من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* (مسبب مرض الندوة المتأخرة)، ومتوسطة ضد الفطر *Fusarium solani*، وضعيفة ضد الفطر *Rhizoctonia solani*. كذلك أدت معاملة درنات التقاوى بفوسفيت الكالسيوم أو البوتاسيوم بنسبة ١٪ من الدرنات المعاملة إلى إنباتها مبكرًا عن إنبات الدرنات التى لم تُعامل. وعندما أجريت المعاملة بالفوسفيت رشًا على النموات الخضرية ٢-٤ مرات كانت الحماية عالية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة. ولم تكن لتلك المعاملة أى تأثيرات سلبية على النمو النباتى. وفى المقابل .. فإن المعاملة بفوسفيت الكالسيوم جعلت الأوراق أكثر اخضرارًا وأخَّرت وصول المحصول لمرحلة الشيخوخة (Lobato وآخرون ٢٠٠٨).

إن معاملة درنات تقاوى البطاطس ونموات البطاطس الخضرية بفوسفيت البوتاسيوم potassium phosphite (وهو ملح البوتاسيوم لحامض الفوسفوريس phosphorous acid) تؤدى إلى حث تكوين استجابات دفاعية فى بيريدرم الدرنات المتكونة وقشرتها،

تكون مصاحبة بتغيرات بنائية وبيوكيميائية فى تلك الأنسجة؛ فقد ازداد فيها محتوى البكتين، خاصة بعد التجريح والإصابة بالفطر *Fusarium solani*، كما ازداد محتوى ونشاط مثبطات الإنزيمين: بولى جالاكتيرونيز polygalacturonase، وبروتينيز proteinase، وظهر بالأنسجة طراز جديد من إنزيم الشيتينيز chitinase (Olivieri وآخرون ٢٠١٢).

الندوة المتأخرة

اعتمدت مكافحة الندوة المتأخرة بصورة أساسية على استخدام المبيدات الفطرية، وهى التى ازداد معدل استعمالها كثيرًا مؤخرًا؛ بسبب ظهور سلالات جديدة من الفطر المسبب للمرض أكثر ضراوة عن تلك التى كانت منتشرة فيما سبق.

وبالنسبة للإنتاج العضوى من البطاطس والطماطم، فقد اعتمدت مكافحة الندوة المتأخرة فيه — ومنذ أمد بعيد — على المبيدات الفطرية النحاسية، مثل مخلوط بوردو، وأيدروكسيد النحاس، وأوكسيد النحاس، وأوكسى كلوريد النحاس. وعلى الرغم من استمرار استعمالها فى الإنتاج العضوى.. فإن الاتجاه — حاليًا — هو نحو تقليل الاعتماد عليها بسبب المخاطر البيئية التى ترتبت على تراكم متبقيات النحاس فى التربة. ولا يسمح الاتحاد الأوروبى حاليًا باستعمال أكثر من ٦ كجم من عنصر النحاس/هكتار (٢,٥ كجم/فدان) سنويًا. ولذا.. فإن الاعتماد على بدائل المبيدات فى مكافحة الندوة المتأخرة أصبح هو الاتجاه الملحّ الآن (Mizubti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالممارسات الزراعية

تُعد أساليب النظافة العامة ضد المرض خط الدفاع الأول للمكافحة. فيتعين عدم ترك الدرنات غير المرغوب فيها مُكوَّمة فى الحقل، ولكن يجب دفنها فى التربة بالحراثة أو التخلص منها خارج الحقل، وهو الإجراء المفضل. كذلك يجب سرعة التخلص من أى نموات تظهر جراء إنبات الدرنات المتروكة فى الحقل من الزراعة السابقة.

ولابد من استعمال تقاوٍ للزراعة من مصادر موثوق فيها؛ فلا تكون مصابة، مع تجنب انتقال الإصابة بين التقاوى أثناء تقطيعها قبل الزراعة.

كما يجب أن يكون عمق الزراعة وعملية الترديم أثناء النمو النباتى بالقدر الذى لا يسمح بأن تكون الدرنات شديدة التعرض لجراثيم الفطر التى تُغسل من على الأوراق بفعل المطر أو ماء الرى بالرش.

ويفيد سرعة التخلص من النباتات المصابة إذا ظهرت فى مساحات صغيرة من الحقل، مع قتلها لمنع استمرار نمو الفطر عليها.

ويجب توقيت مواعيد الرى بالرش والحد منه، خاصة فى نهاية موسم النمو عندما تتزاحم النموات الخضرية ويكون جفافها بعد الرى بطيئًا. هذا مع العلم بأن هطول الأمطار أو الرى بالرش بما يزيد عن ٣ سم خلال فترة ١٠ أيام يهيئ ظروفًا موائمة للإصابة بالندوة. ولأجل سرعة جفاف النموات الخضرية بعد ابتلالها يجب أن تكون خطوط الزراعة فى نفس اتجاه الرياح السائدة.

ويؤدى ترك الدرنات فى التربة — لمدة أسبوعين بعد التخلص من النموات الخضرية — إلى تحلل الدرنات المصابة؛ بما يسمح بسهولة تركها فى التربة. وبعد الحصاد يكون من المناسب حراثة كل البقايا النباتية فى التربة.

وعند الحصاد يجب تقليل الأضرار الميكانيكية للدرنات قدر المستطاع مع تجنب ابتلالها؛ ذلك لأن الدرنات التى تصاب حينئذٍ سوف تتدهور أثناء التخزين، وخاصة إذا كان التخزين فى ظروف غير مناسبة كأن لا تكون التهوية كافية أو أن تكون الحرارة عالية (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

المكافحة الحيوية

على الرغم من نجاح المكافحة الحيوية فى مكافحة عديد من الأمراض فإنها لم تلق نجاحًا كبيرًا فى مكافحة الندوة المتأخرة، وذلك بسبب السرعة التى تحدث بها الإصابة والتى يتطور بها المرض بصورة وبائية.

ومن بين الكائنات الدقيقة التى استخدمت فى المكافحة الحيوية للندوة المتأخرة وأعطت نتائج جيدة الفطران *Penicillium aurantiogriseum*، و *Stachybotrys atra* (وهو: *S. chartarum*) اللذان استخدما على صورة معلق للجراثيم الكونيدية بتركيز ١٠ ^٤^ – ١٠ ^٥^ جرثومة/ مل قبل عدوى الأوراق بالفطر *P. infestans*، وهى المعاملة التى خفضت شدة الإصابة باللفحة بمقدار ٩٣٪، و٨٤٪ للفطرين، على التوالى. وقد أُرجعت فاعلية الفطرين فى مكافحة المرض إلى التضادية الحيوية والتنافس على المكان والغذاء.

كذلك أعطت المعاملة بمستخلص الكمبوست المزود بسبعة من الكائنات الدقيقة مكافحة تساوت مع تلك التى حُصل عليها باستعمال خليط من المبيدين ميتالاكسيل metalaxyl ومانكوزب mancozeb.

وقد حُصل على أفضل النتائج فى مكافحة الندوة المتأخرة باستعمال البكتيريا السالبة لصبغة جرام .*Xenorhabdus* spp، مثل *X. bovieni* ونواتجها الأيضية.

ومن أكثر التحضيرات التجارية فاعلية فى مكافحة الندوة التحضير Serenade الذى يحتوى على السلالة QST-713 من البكتيريا *Bacillus subtilis*؛ وهى تعمل كمبيد فطرى مانع للإصابة بالتضادية الحيوية. وعند الرش بالـ Serenade فإنه يمنع اتصال فطر الندوة بالعائل، ويوقف نموه، ويحث تكوين مقاومة مكتسبة فى النبات (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤، و Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

وعندما حُصل على مجموعة كبيرة من العزلات البكتيرية كان لبعضها نشاطًا بيولوجيًّا ضد الفطر *P. infestans* (السلالة US-8) مسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس، وكانت تلك العزلات تنتمى إلى الأجناس *Bacillus*، و *Pseudomonas*، و *Rahnella*، و *Serratia*، وكان تأثيرها المثبط إما مباشرًا من خلال التضادية الحيوية، أو غير مباشر من خلال حثها لنظم دفاع نباتية (Daayf وآخرون ٢٠٠٣).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أعطت المستخلصات النباتية – فى كثير من الدراسات التى أجريت فى ظروف متحكم فيها – نتائج مماثلة لتلك التى حُصِلَ عليها باستعمال المبيدات المصنَّعة. وقد وجد – على سبيل المثال – أن مستخلص فصوص الثوم بتركيز ١٪ أو ٢٪ ثبّط تمامًا

تكوين الجراثيم السابحة للفطر ونموه. وعندما عُومِلت نباتات الطماطم بمستخلص الهكسان لنوع الفلفل الطويل *Piper longum*.. انخفض موت النباتات بنسبة ٦٠٪. وأعطت معاملة الطماطم (النبيتات plantlets) بمستخلص كورمات الكُركم *Cucuma longa* بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠٠ مجم/ لتر مستوى مكافحة للفطر *P. infestans* مماثل لذلك الذى حُصِلَ عليه من استعمال المبيد كلوروثالونيل chlorathalonil. كذلك أدت المعاملة بمستخلص النبات *Inula viscosa* بتركيز ١٪ (وزن/حجم) إلى خفض الإصابة بالندوة المتأخرة فى نباتات الطماطم والبطاطس بنسبة ٩٠٪.

وانخفضت شدة الإصابة باللفحة فى الأوراق المفصولة التى عُومِلت بمستخلصات أى من النباتات:

Rheum rhabarbarum

Solidago canadensis

Artemisia vulgaris

Impatiens parviflora

Urtic dioica

ويُفيد مستخلص الكمبوست — بما فيه من كائنات دقيقة فى مكافحة الندوة المتأخرة.

وتوجد المادة الفعالة: آزاديركتين azadirachtin بتركيز عالٍ فى كل من مستخلصات وزيت بذور النيم *Azadirachta indica*. ولقد أفادت معاملة الطماطم بزيت ومستخلص النيم فى مكافحة كل من الذبابة البيضاء، والنيماتودا، والفطريات، ومنها فطر الندوة المتأخرة (الذى يُسبب نفس المرض فى البطاطس)، والذى تحسنت مكافحته بزيادة تركيز المعاملة وبإضافة مركبات أخرى وكائنات دقيقة إليها (Mizubti وآخرون ٢٠٠٧).

ومن بين المنتجات الحيوية المستخلصة من النباتات والتى يمكن استخدامها مع البطاطس، ما يلى:

المنتَج التجارى	الاستعمالات
بيمونكس Pimonex	مكافحة الندوتين المبكرة والمتأخرة بتركيز ١٪ كل ٧–١٠ أيام
تيموركس Timorex	مكافحة الندوة المبكرة بتركيز ١٪

المكافحة بالزيوت الأساسية

أعطت الزيوت الأساسية لكل من الزعتر والنعناع والشبت والكراوية والزوفا hyssop (الاسم العلمى: *Hyssopus officinalis*) مكافحة جيدة للندوة المتأخرة فى البطاطس، وكان أكثرها فاعلية زيت الزوفا.

وقد ضَعُفَ النمو الفطرى بالمعاملة بالزيوت الأساسية لأى من النباتات:

Origanum syriacum var. *bevanii*

Thymbra spicata subsp. *spicata*

Lavandula stoechas subsp. *stoechas*

Rosmarinus officinalis

Foeniculum vulgare

Laurus nobilis

وكانت أكثر المركبات فاعلية فى هذه الزيوت:

Carvacrol

Camphor

Borneol

1,8-cineole

Anethole

وتتوفر حاليًا مستحضرات تجارية مشتقة من الخزامى lavender، والأوريجانو oregano، والزعتر، والمردقوش marjoram تُستخدم فى مكافحة الحشرات والأمراض النباتية.. وقد أدت جميعها إلى تثبيط نمو الفطر *P. infestans* عند ما عُومِل بها فى بيئات الزراعة. وفى ظروف حجرات النمو قللت المعاملة بزيت الأوريجانو شدة الإصابة بالندوة بنسبة ٢٨٪–٣٠٪ (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالفوسفونات

جُرِّب استخدام ثمانى أنواع من الفوسفونات phosphonates فى مكافحة الندوة المتأخرة فى البطاطس، ووجد أن استعمالها بتركيز ٢,٥ جم مادة فعَّالة/ لتر حقق كفاءة فى مكافحة المرض تساوت مع تلك التى تحققت باستخدام المبيدات الفطرية غير الجهازية: مانكوزيب mancozeb، وكلوروثالونيل chlorothalonil بنفس المعدل. وعندما استخدمت الفوسفونات بتركيز يزيد عن ٢,٥ جم مادة فعالة/ لتر فإنها حققت كفاءة فى المكافحةُ أعلى من تلك التى حققتها المبيدات غير الجهازية (Kromann وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بالفطريات المنتجة للبنسلين

أعطى رش نباتات الطماطم والبطاطس بمستخلص الغزل المجفف للفطر *Penicillium chrysogenum* المنتج للبنسلين مكافحة بلغت ٧١٪ فى الطماطم، لكن المعاملة لم تكن مؤثرة فى حالة البطاطس (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالشيتوسان

أمكن تأخير تطور الإصابة الوبائية بالندوة المتأخرة فى البطاطس برش النباتات ثمانى مرات بالشيتوسان بتركيز ٠,١٪ (وزن/ حجم)، مقارنة بالوضع فى الكنترول، وتساوت فاعلية هذه المعاملة مع فاعلية الرش بالميتالاكسيل فى مكافحة المرض (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بثانى أكسيد الأيدروجين

يُستعمل التحضير التجارى Storox — الذى يحتوى على ثانى أكسيد الأيدروجين — فى كل من الوقاية من الإصابة والعلاج منها. ويمكن دخول الحقول المرشوشة — بأمان — بمجرد جفاف سائل الرش (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

المكافحة بمستحث المقاومة: الـ BABA

يمكن بالمعاملة بالـ β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) خفض جرعة المبيد الفطرى المستعمل إلى النصف مع الحصول على مكافحة للندوة المتأخرة تعادل المكافحة عند المعاملة بالجرعة الكاملة من المبيد (Liljeroth وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أدت معاملة النموات الخضرية للبطاطس بأى من الـ BABA، أو الـ fosetyl-aluminium إلى مقاومتها للفطر *P. infestans* قبل الحصاد، وفى الدرنات بعد الحصاد. وكلما كانت المعاملة أبكر كلما كان تأثيرها أقوى. وازداد فى درنات البطاطس بعد الحصاد مستويات كل من الـ β-1,3-glucanase، والـ aspartic protease، والفينولات والفيتوألاكسين. ويستفاد مما تقدم أن التأثير الإيجابى للمعاملة استمر طوال فترة حياة المحصول (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأحدثت معاملة نباتات البطاطس بالـ BABA خفضًا جوهريًّا لنشاط الفطر *P. infestans* (مسبب مرض الندوة المتأخرة) بالأوراق، كما أحدثت تنشيطًا سريعًا لعدد من الاستجابات الدفاعية، وكان ذلك التنشيط أسرع وأقوى فى الصنف المقاوم Ovatio عما فى الصنف Bintje. وأظهر الفحص المجهرى تسبب المعاملة بالـ BABA فى حث تكوين بقع صغيرة شبيهة بتلك التى تتكون نتيجة تفاعل فرط الحساسية، وكانت محاطة بالكالوز callose، مع إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين. كما أظهر التحليل الجزيئى والكيميائى زيادة فى تمثيل الفينولات الذائبة — مثل الـ arbutin وحامض الكلوروجنك — وتنشيط الـ PR-1. ويستفاد مما تقدم إسهام المعاملة بالـ BABA فى تنشيط مباشر للاستجابات الدفاعية، مع اختلاف ذلك التأثير باختلاف الأصناف (Bengtsson وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالمركبات النحاسية

يمكن استعمال المركبات النحاسية (التى يُسمح بها فى الزراعات العضوية) فى منع حدوث الإصابة بالندوة؛ لأجل تجنب انتشار المرض. ويتطلب الأمر — عادة — ما بين

٩ إلى ١٥ رشة. وإذا ما استخدم مخلوط بوردو فإن الرش بهذا العدد من المرات يعنى إضافة ١–٣,٥ كجم من النحاس المعدنى لكل فدان فى الموسم الواحد؛ بما يعنى إضافة ١–٣,٣٥ جزءًا فى المليون من النحاس فى الخمسة عشر سنتيمترًا العلوية من التربة. ويكون ذلك مقبولاً إذا ما كانت زراعة البطاطس فى دورة خماسية، وهى التى يوصى بها لمكافحة أمراض البطاطس، إلاّ أن مخاطر زيادة تركيز النحاس فى التربة تتوقف — كذلك — على كل من: مدى تواجده أصلاً فى التربة، ومحتوى الأسمدة الكيميائية والعضوية المستعملة من العنصر، و pH التربة وقدرتها التنظيمية، ومدى الفقد الذى يحدث فى العنصر بفعل الأمطار وماء الرى، وتركيز النحاس فى المواد المستعملة فى الرش. ومن أكثر مساوئ تراكم النحاس فى التربة تأثيره السام على عديد من الكائنات الدقيقة المفيدة، وخاصة الديدان الأرضية والطحالب الخضراء المزرقة، وهى التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى فى التربة (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

الذبول البكتيرى

المكافحة بالتحميل

أدى تحميل البطاطس مع الذرة إلى تقليل إصابة البطاطس بالسلالة ٣ من بكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearum*، وربما حدث ذلك جراء زيادة تباعد نباتات البطاطس عن بعضها، فلم تحدث إصابات ثانوية عن طريق الجذور، ولوجود جذور لنبات آخر غير البطاطس مختلطة بجذور البطاطس، كما يعتقد بأن انخفاض كثافة زراعة البطاطس مع التحميل أدى إلى بطء زيادة أعداد البكتيريا المرضة فى التربة (Autrique & Potts ٢٠٠٨).

العفن الطرى البكتيرى

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أدت معاملة البطاطس بأى من *P. fluorescens* أو *P. putida* أو بخليط منهما إلى خفض إصابة الدرنات المنتجة بالعفن الطرى البكتيرى، وكانت المعاملة بمخلوط من

نوعى البكتيريا أكثر كفاءة من المعاملة المنفردة بأى منهما. وفى كل الحالات.. أدت المعاملة إلى خفض أعداد البكتيريا *Erwinia carotovora* فى المحيط الجذرى للبطاطس. كذلك أدت المعاملة إلى زيادة أعداد وأحجام الدرنات المنتجة (Abdelghafar & Abdelsayed ١٩٩٧).

العفن البنى

المكافحة بالتعقيم البيولوجى للتربة

يتضمن التعقيم البيولوجى للتربة biological soil disinfestation حث تواجد ظروف لا هوائية فى التربة بزيادة تنفس الكائنات الدقيقة فيها من خلال إضافات من المادة العضوية الطازجة، وبتقليل إمدادات الأكسجين للتربة بتغطيتها جيدا بغشاء بلاستيكى. ولقد وجد أن الظروف اللاهوائية تتولد فى التربة فى خلال أيام قليلة من إضافة الحشائش والنموات الخضرية للمحصول المنتهى من البطاطس إليها وخلطه بها. خفضت هذه المعاملة — كذلك— من أعداد البكتيريا *Ralstonia solanacearum* — مسببة مرض العفن البنى فى البطاطس — بنسبة ٩٢٫٥٪ إلى أكثر من ٩٩٪، مقارنة بأعدادها فى معاملة الكنترول التى لم تُعامل فيها التربة بالمخلفات الطازجة ولم تغطى بالبلاستيك. كذلك أحدثت هذه المعاملة تحت ظروف الحقل خفضًا جوهريًّا فى بقاء البكتيريا فى درنات البطاطس المصابة التى وضعت على عمق ١٥ أو ٣٥ سم، وتحللاً سريعًا لدرنات البطاطس التى تواجدت بالقرب من سطح التربة بعد الحصاد؛ وبذا.. فإنها ساعدت فى التخلص من مصدر رئيسى للبكتيريا فى التربة (Messiha وآخرون ٢٠٠٧).

الفيتوبلازما

المكافحة بحامض السلسيلك

تعيش الفيتوبلازما phytoplasma — وهى بكتيريا بدون جدر خلوية — فى لحاء نباتات البطاطس، وتؤدى إلى نقص المحصول وجودة الدرنات. وتؤدى المعاملة بحامض

السلسيلك إلى حث النظام الدفاعى فى النبات ضد الفيتوبلازما؛ مما يؤدى إلى تقليل أعراض الإصابة بها، وتحفيز انتقال الغذاء المجهز، وتحسين جودة الدرنات، ويكون ذلك مصاحبًا — عند المعاملة بتركيز ٠,٠٠١ ملل مول من حامض الأبسيسك — بزيادة فى محتوى كل من فوق أكسيد الأيدروجين، وحامض الأسكوربيك، مع نقص فى نشاط إنزيم البيروكسيديز (Sánchez-Rojo وآخرون ٢٠١١).

أمراض ما بعد الحصاد

المكافحة بالفوسفيت فى الحقل الإنتاجى

وجد أن رش حقول البطاطس بالفوسفيت phosphites أدى إلى جعل الدرنات المنتجة أقل قابلية للإصابة بكل من *P. infestans* ، و *F. solani*، و *E. carotovara* أثناء التخزين؛ بما يعنى احتمال حث هذا المركب لاستجابات دفاعية جهازية فى النباتات المعاملة. وأدت عدوى الدرنات — التى حُصل عليها من نباتات عوملت بالفوسفيت — بالفطر *P. infestans* إلى زيادة فى محتوى تلك الدرنات من الفيتوألاكسين؛ بما يعنى احتمال مشاركته فى الاستجابة الدفاعية. كذلك ازداد محتوى تلك الدرنات من الشيتينيز chitinase بعد ٧٢ ساعة من تجريحها أو عدواها بالفطر *P. infestans*، مقارنة بما حدث فى درنات عوملت بطريقة مماثلة ولكنها كانت من نباتات لم تُعامل بالفوسفيت. وازداد — كذلك — فى الدرنات التى حُصل عليها من نباتات عوملت بالفوسفيت نشاط الإنزيمين peroxidase، و polyphenol oxidase؛ بما يعنى أنهما قد يلعبا دورًا فى الآلية الدفاعية. هذا.. ولم تكن لهذه المعاملة تأثيرات سلبية على محصول البطاطس؛ بما يعنى أن النشاط الدفاعى الذى أحدثته المعاملة لم يكن على حساب الطاقة التى احتاجها النبات للنمو والإنتاج (Lobato وآخرون ٢٠١١).

المكافحة بالحصاد بطريقة مناسبة

يُفيد قتل النموات الخضرية للبطاطس قبل الحصاد فى تقليل انتقال الفيروسات للدرنات التى تستخدم كتقاوى. ولكن تظهر مع القتل الميكانيكى للنموات الخضرية

مشاكل الإضرار بجلد الدرنة والإصابات المرضية – التى تنتشر بقوة فى النموات الخضرية والجذور المتحللة – والتى منها: *Rhizoctonia solani*، و *Phoma exigua* var. *foveata*، و *Erwinia* spp.

وقد طُوِّرت طريقة جديدة لحصاد البطاطس فى وجود النموات الخضرية الخضراء (green-crop-harvesting)، وذلك بتدمير النموات آليًّا وهى خضراء، وتقليع الدرنات ووضعها على مصطبة جديدة من التربة، ثم تغطيتها بالتربة، وتركها للمعالجة فى مكانها لمدة لا تقل عن ١٠ أيام فى المصطبة التى أُقيمت أثناء الحصاد. تتميز هذه الطريقة بقلة الإضرار بجلد الدرنة، والمعالجة الجيدة، وقلة الإصابة بالمسببات المرضية المذكورة أعلاه.

ومع المعاملة بالمبيدات الفطرية أو الكائنات الدقيقة المضادة أثناء التقليع الأول للدرنات تتحقق مكافحة فعالة ضد عدد من أمراض البطاطس الهامة، والتى منها الندوة المتأخرة، والقشف الأسود والغرغرينا gangrene والعفن الطرى (Mulder وآخرون ١٩٩٢).

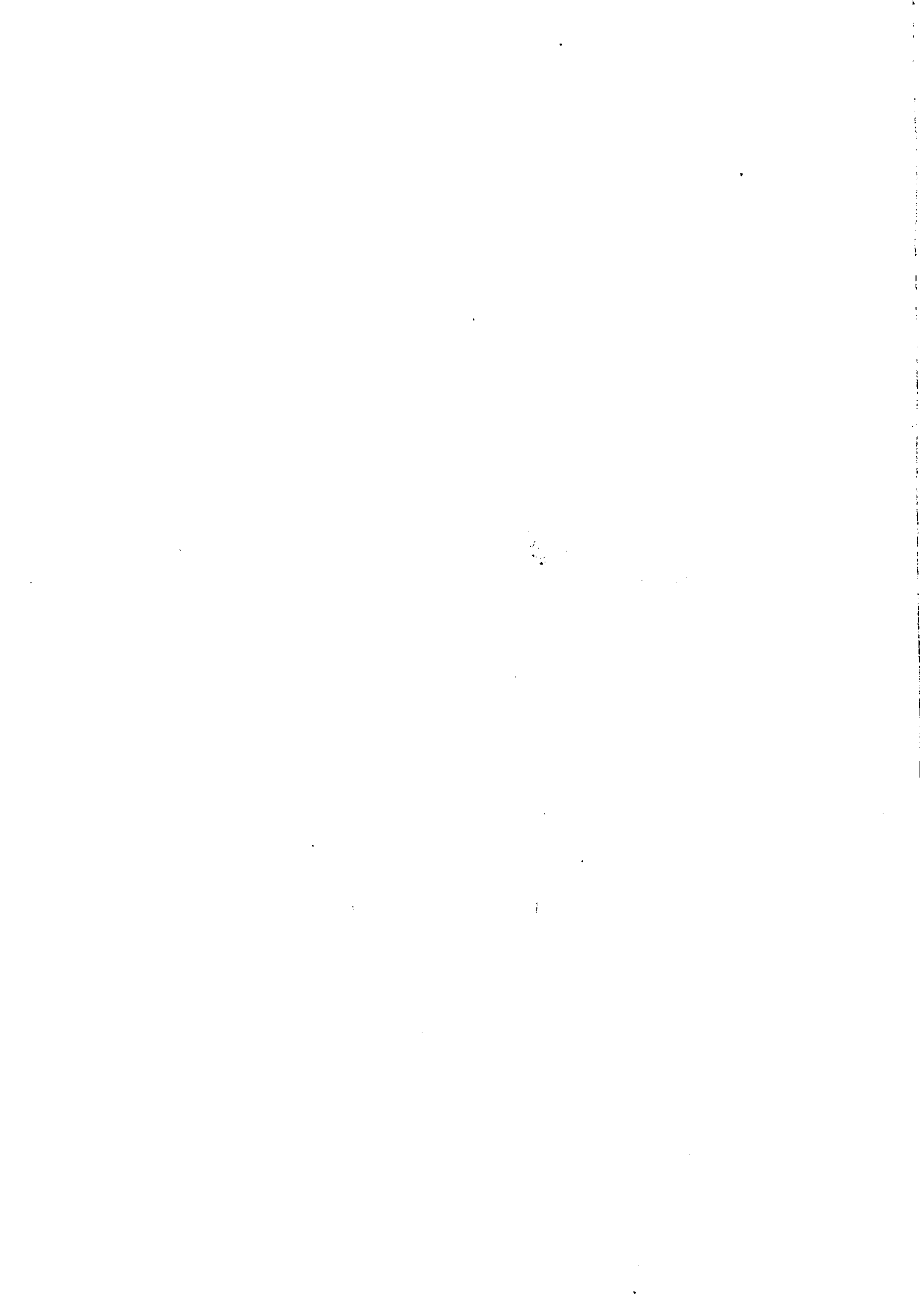
المكافحة بأملاح الفوسفونات والكربونات والبيكربونات والبروبيونات

أمكن مكافحة مرض القشف الفضى الذى يسببه الفطر *Helminthosporium solani* بمعاملة درنات البطاطس – بعد الحصاد – بأى من المركبات التالية: potassium sorbate، و calcium propionate، و sodium carbonate، و sodium bicarbonate، و potassium cabonate، و potassium biocarbonate، و ammonium bicarbonate، وجميعها مركبات غير سامة نسبيًّا (Olivier وآخرون ١٩٩٨). وفى دراسته لاحقة (Oiliver وآخرون ١٩٩٩).. أظهرت المعاملة بالمركب سوربات البوتاسيوم potassium sorbate قدرة كبيرة على مكافحة المرض، علمًا بأن سميته للثدييات شديدة الانخفاض.

فراشة درنات البطاطس

المكافحة البيولوجية

تُكافح فراشة درنات البطاطس — فى الحقل والنوالات فى مصر باستخدام كلاً من الفيرس *Granulosis virus*، والبكتيريا *Bacillus thuringiensis* (عن نشرة لمركز البطاطس الدولى فى كفر الزيات — ١٩٩٧)، ويُستدل من دراسات Sewify وآخرين (٢٠٠٠) أن استعمال الفيرس والبكتيريا معًا يمكن أن يكون له تأثير تداوبى فى مكافحة الحشرة ويقلل من تركيز الفيرس الذى يلزم للمكافحة.



الفصل الثانى عشر

القرعيات

نتناول بالشرح فى هذا الفصل طرق مكافحة أمراض وآفات محاصيل الخضر القرعية الرئيسية، وهى البطيخ، والكنتالوب، والخيار، والكوسة.

تشترك الخضر القرعية فى كثير من الأمراض التى تُصيبها، وطرق مكافحتها. ويبين جدول (١٢-١) أهم المسببات المرضية التى تصيب تلك الخضر، والأهمية النسبية لمختلف وسائل المكافحة المتكاملة التى تتبع معها.

جدول (١٢-١): أهم عوامل الشدّ البيولوجى للخضر القرعية، ومدى استجابتها لمختلف وسائل المكافحة المتكاملة (Louws وآخرون ٢٠١٠).

عوامل الشدّ البيولوجى	مدى خطورته [أ]	مدى كفاءة وسائل المكافحة المتكاملة[ب]			
		الدورة الزراعية	التبخير والتعقيم	التطعيم والمقاومة	الوسائل الأخرى[ج]
Fusarium oxysporum f. sp. *melonis* • السلالات: 0، 1، 2، 1.2(منها 1.2w تسبب ذبولاً، 1.2y تسبب اصفراراً)	٤	١	٢	٤	١
Fusarium oxysporum f. sp. *niveum* • السلالات: 0، 1، 2	٤	١	٢	٤	١
Fusarium oxysporum f. sp. *lagenariae*	٣	١	٢	٤	٢
Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum*	٣	١	٢	٤	١
Fusarium oxysporum f. sp. *radicis- cucumerinum*	٣	١	٣	٤	٢
Fusarium solani f. sp. *cucurbitae* • السلالات: 1، 2	٢	١	٢	٢	١
Monosporascus cannonballus	٣	٢	٢	٢	٢
Verticillium dahliae	٤	١	٢	٤	١
Didymella bryoniae	٣	٣	٢	٣	٢
Macrophomina phaseolina	١	٢	٣	٢	١

يتبع

تابع جدول (١٢-١).

عوامل الشدّ	مدى خطورته [أ]	مدى كفاءة وسائل المكافحة المتكاملة[ب]			
		الدورة الزراعية	التبخير والتعقيم	التطعيم والمقاومة	الوسائل الأخرى[ج]
Phytophthora melonis, P. capsici, Pythium sp.	٢	٢	٢	٢	٢
Podosphaera xanthii	٣	لا تفيد	لا تفيد	٣	٣
النيماتودا	٤	٣	٤	٤	٢
Melon necrotic spotted virus	٣	٤	لا تفيد	٣	٢

أ- من ١ : قليل الخطوة إلى ٤ : شديد الخطورة.

ب-من ١ : قليلة الجدوى والكفاءة إلى ٤ : عالية الجدوى والكفاءة.

ج- من وسائل المكافحة المتكاملة الأخرى: الإغراق، والتشميس، والتطهير، والحراثة العميقة... إلخ.

الذبول الطرى (أو تساقط البادرات)

المكافحة الحيوية

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو

وجد أن بكتيريا المحيط الجذرى من الجنس *Pseudomonas* تستحث مقاومة جهازية مكتسبة فى جذور الخيار تضعف من قدرة الفطر *P. aphanidermatum* — مسبب مرض الذبول الطرى — على إحداث الإصابة أو تطورها بعد حدوثها، وذلك من خلال تأثيرها على سلوك الجراثيم السابحة وقدرتها على الإصابة، وكذلك تُحدث البكتيريا تأثيرًا موضعيًّا من خلال قدرتها على التضادية الحيوية أو إحداثها لمقاومة موضعية مستحثة (Chen وآخرون ١٩٩٨).

وأدت معاملة نباتات الخيار تحت ظروف الصوبة والحقل بخليط من ثلاث سلالات من البكتيريا المنشطة للنمو، هى: INR7 من *Bacillus pumilus*، و ME1 من *Curtobacterium flaccumfaciens*، و GB03 من *B. subtilis* إلى الحد من إصابة

النباتات بكل من: الفطر *Colletotrichum orbiculare* مسبب مرض الأنثراكنوز، والبكتيريا *Pseudomonas syringe* pv. *lachrymans* مسببة مرض تبقع الأوراق الزاوى، والبكتيريا *Erwinia tracheiphila* مسببة مرض الذبول البكتيرى. كذلك أدت معاملة البذور بخليط من السلالات الثلاث إلى مكافحة الأمراض الثلاثة بنفس مستوى المكافحة الذى أحدثته معاملة الرش الورقى بمستحث المقاومة الجهازية Actigard (Raupach & Kloepper ١٩٩٨).

كما أظهرت سلالات بكتيرية من *Pseudomonas fluorescens*، و *P. corrugata* قدرة أكبر على مقاومة الذبول الطرى للخيار — الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* — عن البكتيريا *Bacillus subtilis*، وذلك عند استعمالهما عن طريق الإضافة إلى التربة مع الماء أو كمغلفات للبذور (Georgakopoulos وآخرون ٢٠٠٢).

كذلك أدت معاملة جذور الخيار بالسلالة الحاثة للمقاومة الجهازية المكتسبة GC-B19 من *Pseudomonas azotoformans*، والسلالة MM-B22 من *Paenibacillus elgii* (وكلاهما من بكتيريا المحيط الجذرى)، أو المعاملة بمستحث المقاومة الجهازية الكيميائى: DL-β-amino-n-butyric acid إلى تثبيط عملية الإصابة بالفطر *Colletotrichum orbiculare* جوهريًّا (إنبات الجراثيم الكونيدية وتكوين الممصات appressoria) وشدة المرض، وذلك مقارنة بما حدث عندما أجريت المعاملة بسلالة غير حاثة للمقاومة الجهازية (هى PK-B09) من *Pseudomonas aeruginosa*، أو بسلفات المغنيسيوم. وقد أدت المعاملات الحاثة للمقاومة الجهازية إلى ظهور حالة من فرط الحساسية، مثل موت الخلايا مع تولد فوق أكسيد الأيدروجين وتراكم الإنزيمات ذات العلاقة بالدفاع النباتى (الـ β-1,3-glucanase والـ chitinase والـ peroxidase) بأوراق الخيار ضد الإصابة بالفطر *C. orbiculare*. وقد اعتمد مدى حث المقاومة الجهازية المكتسبة على كثافة تواجد البكتيريا الحاثة فى المحيط الجذرى (Sang وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالأكتينوميسيتات الداخلية التطفل

دُرس تأثير ثلاثة من الأكتينوميسيتات الداخلية التطفل، هي: *Actinoplanes campanulatus*، و *Micromonospora chalcea*، و *Sereptomyces spiralis* على مقاومة الذبول الطرى فى الخيار — الذى يسببه الفطر *Pythium aphanidermatum* — تحت ظروف الحقل. وقد تبين أن معاملة بادرات الخيار بأى من هذه الأكتينوميسيتات منفردة، أو فى توافيق حسَّنت النمو النباتى والمحصول وقللَّت إصابة البادرات بالذبول الطرى وعفن الجذر والتاج فى النباتات البالغة. وكانت أفضل الأكتينوميسيتات تأثيرًا *S. spiralis*، وتلاها *A. campanulatus*، ثم *M. chalcea*. وقد كان للثلاثة أكتينوميسيتات مجتمعة (والتى لم تكن مثبطة لبعضها البعض) تأثيرات أفضل على كل من المكافحة المرضية وتحسين النمو. ولقد استعمرت هذه الأكتينوميسيتات الأنسجة الداخلية للجذور والسيقان والأوراق تحت ظروف الحقل واستمر ذلك حتى ٨ أسابيع من تلقيح البادرات بها؛ بما يعنى تأقلمها السريع وبقاءها داخلية التطفل فى النباتات غير المصابة. ولقد كان واضحًا أنها متطفلات داخلية اختيارية وليست إجبارية بالنظر إلى أنها استعمرت — كذلك — المحيط الجذرى، وكانت ذا قدرة تنافسية عالية. هذا.. ويمكن استعمال تلك الأكتينوميسيتات كبديل للمعاملة بالمبيد الفطرى metalaxyl فى مكافحة أمراض البثيم (El-Tarabily وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالترايكودرما

أدت المعاملة بالسلالة PBG من *Trichoderma harzianum* إلى حماية بادرات الخيار من الإصابة بالفطر *Rhizoctonia solani*، وإلى زيادة وزن النباتات (Smolinska وآخرون ٢٠٠٧)

وأدت معاملة بذور الكوسة بمسحوق قش القمح والفول وفول الصويا والسورجم إلى مكافحة مرض سقوط البادرات الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وذلك فى تربة ملوثة بالفطر. وأدى تعقيم مسحوق القش إلى إفقاده لخاصية مكافحة الفطر. كذلك أدت

معاملة التربة بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مكافحة الفطر والمرض. كما كان الجمع بين معاملة البذور بمسحوق القش ومعاملة التربة بفطر الميكوريزا أفضل فى مكافحة المرض (Haikal ٢٠٠٧).

كذلك أدت معاملة بذور الخيار بمخلوط لتحضير تجارى من السلالة -KRL AG2G41 من *Trichoderma harzianum*، أو بالسلالة G-41 من *T. virens*، أو بمخلوط من نصف التركيز من كل منهما إلى حماية البذور والبادرات من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض الذبول الطرى (Pill وآخرون ٢٠٠٩).

المكافحة بحامض الخليك

دُرس تأثير المعاملة ببخار حامض الخليك فى مكافحة مسببات الخيار المرضية: *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium solani*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*، *Sclerotium rolfsii*، و *Didymella melonis*، ووجد فى ظروف البيئات الصناعية أن المعاملة قللت جوهريًا من إنبات الأطوار الساكنة لجميع الفطريات، بما فى ذلك الجراثيم الكلاميدية لفطرى الفيوزاريم (عند ١٠ ميكروليتر/لتر) والأجسام الحجرية للفطر *S. rolfsii* (عند ٢٠ ميكروليتر/لتر) وكان *R. solani* أكثرها حساسية للمعاملة. وأدى تبخير التربة بحامض الخليك لمدة ٦٠ دقيقة إلى قتل تلك الفطريات عند تركيز ٧٥–١٢٥ ميكروليتر/لتر حسب قوام التربة (أقل تركيز فعال فى التربة الرملية والأعلى فى التربة الطينية)، وخفض أعداد عشائر تلك الفطريات، وتقليل الإصابة بأعفان الجذور بنسب تجاوزت ٩٠٪ (Abd-El-Kareem ٢٠٠٩).

المكافحة بمضادات الأكسدة

أدى نقع بذور الخيار فى طرطرات البوتاسيوم potassium tartarate – كمضاد للأكسدة – وخليط من العناصر الصغرى لمدة ٤٨ ساعة إلى خفض إصابة البادرات بالفطر *Rhizoctonia solani*، وخفض موتها بالذبول الطرى (Yousef وآخرون ٢٠١٣).

التطعيم كوسيلة لمكافحة مختلف أمراض وآفات القرعيات

اكتسب التطعيم قبولاً كبيرًا لدى منتجى القرعيات فى مختلف أنحاء العالم كوسيلة فعالة لمكافحة عديد من الأمراض التى تُصيب النباتات عن طريق التربة. ونتناول هذا الموضوع تحت هذا العنوان بصورة عامة، ونؤجل استخدام التطعيم كوسيلة لمكافحة كل مرض على حدة إلى حين مناقشة تلك الأمراض.

إن من أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم القرعيات، ما يلى:

مسلسل	الهجين أو النوع	الصنف / الاسم العادى
١	*C. maxima* × *C. moschata*	Shintoza
٢	*C. maxima* × *C. moschata*	RS 841
٣	*C. maxima* × *C. moschata*	TZ 148
٤	*Cucurbita moschata*	الكوسة والقرع العسلى
٥	*Cucurbita maxima*	القرع العسلى
٦	*Cucurbita ficifolia*	Figleaf gourd
٧	*Lagenaria siceraria*	اليقطين
٨	*Benincasa hispida*	الجورد الشمعى
٩	*Sicyos angulatus*	Bur cucucumber
١٠	*Cucumis metuliferus*	African horned cucumber
١١	*Citrullus lanatus* var. *citroides*	الحنظل
١٢	*Luffa cylindrica*	اللوف

تُعد جميع هذه الأصول تامة التوافق مع كل من البطيخ والكنتالوب والخيار، فيما عدا: الأصل ٦ الذى يعد غير متوافق مع البطيخ وربما مع الكنتالوب، والأصل ٧ الذى قد لا يكون متوافقًا مع الكنتالوب، والأصل ١٢ الذى يعد متوسط التوافق مع الكنتالوب والخيار.

أما بالنسبة لمقاومة الأمراض، فإنها تتوفر فى مختلف الأصول، كما يلى:

المسبب المرضى	الأصول العالية المقاومة	الأصول المتوسطة المقاومة
F. o. f. sp. melonis	١، ٤، ٥، ٨–١٢	٢، ٣، ٦، ٧
F. o. f sp. cucumerinum	١، ٢، ٤، ٦، ٧، ٩–١١	٦، ٨
F. o. f. sp. radicis cucumerinum	٣، ٤، ٦	
F. o. f. sp. melonis	١، ٢، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١	
السلالة 1.2	٥، ٦، ٨، ١٠	
F. o. f. sp. lagenariae	١، ٢، ٤، ٨، ١٠	٤
F. solani f. sp. cucurbitae		٣، ٧
نيماتودا تعقد الجذور		٨، ٩، ١٠
Melon necrotic spot virus	١	
Sclerotium rolfsii	٢، ٦، ٨، ١٠	
Monosprascus cannonballus		١–٣

(Louws وآخرون ٢٠١٠)

ويبين جدول (١٢–٢) أصول القرعيات ومواصفاتها وتأثيراتها فى الطعوم. أما جدول (١٢–٣) فيبين استجابة أصول وطعوم القرعيات (بالمقاومة أو التحمل أو القابلية للإصابة أو الحساسية) لمختلف عوامل الشد البيولوجى (مسببات الأمراض والآفات) والبيئى (تحمل الملوحة والحرارة المنخفضة)، فضلاً عن مدى توافق مختلف حالات التطعيم.

جدول (١٢–٢): أصول القرعيات ومواصفاتها وتأثيراتها فى الطعوم (عن **Davis** وآخرين ٢٠٠٨).

الطعم/الأصل	الأصناف	الصفات الرئيسية	العيوب المحتملة
البطيخ			
Bottle gourd (*Lagenaria siceraria*)	FR Dantos, Partner, Renshi, FR Combi, TanTan	مجموع جذرى قوى – مقاوم للفيوزاريم متحمل للحرارة المنخفضة	ظهور سلالة فيوزاريم جديدة – قابل للإصابة بالأنثراكنوز
Squash (*Cucurbita moschata*)	Chinkyo, No. 8, Keumkang	مجموع جذرى قوى – مقاوم للفيوزاريم متحمل للحرارة المنخفضة	رداءة شكل الثمار وجودتها
Interspecific hybrid squash (*Cucurbita maxima* × *C. moschata*)	Shintoza, Shintoza#1, Shintoza #2, Chulgap	مجموع جذرى قوى– مقاوم للفيوزاريم – متحمل للحرارة المنخفضة – قوة نمو ممتازة – تحمل عال للحرارة العالية.	عدم الحاجة للتسميد الكثير – ضعف صفات الجودة

يتبع

تابع جدول (١٢-٢).

الطعم/الأصل	الأصناف	الصفات الرئيسية	العيوب المحتملة
Pumpkins (*Cucurbita pepo*)	Keumsakwa, Unyong, Super Unyong	مجموع جذري قوي – مقاومة للفيوزاريم والحرارة المنخفضة	رداءة شكل الثمار وجودتها
Wintermelon (*Benincasa hispida*)	Lion, Best, Donga	مقاومة جيدة للأمراض	عدم التوافق
Watermelon (*Citrullus lanatus*)	Kanggang, Res. #1, Tuffiness, Kyohgoh	تحمل الفيوزاريم لكن دون مقاومة	ضعف قوة النمو والمقاومة للأمراض
African horned cucumber (*Cucumis metuliferus*)	NHRI-1	مقاومة ممتازة للفيوزاريم وجيدة للنيماتودا	التوافق ضعيف إلى متوسط
الخيار			
Figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia*)	Heukjong, Black Seeded, Figleaf gourd	تحمل جيد للحرارة المنخفضة ومقاومة جيدة للأمراض	قد تنخفض جودة الثمار
Squash (*Cucurbita moschata*)	Butternut, Unyong #1, Super Unyong	تحمل جيد للفيوزاريم	يتأثر بالفطر *Phytophthora*
Interspecific hybrid squash (*Cucurbita maxima* × *C. moschata*)	Shintoza, Keumtoza, Ferro RZ, 64-05 RZ, Gangryuk Shinwha,	مقاومة جيدة للفيوزاريم وتحمل جيد للحرارة المنخفضة	انخفاض قليل في جودة الثمار
Bur cucumber (*Sicyos angulatus*)	Andong	تحمل جيد للفيوزاريم – تحمل جيد لجفاف وغدق التربة– تحمل النيماتودا	انخفاض المحصول
African horned cucumber (*Cucumis metuliferus*)	NHR-1	مقاومة ممتازة للفيوزاريم ومقاومة جيدة للنيماتودا	ضعف تحمل الحرارة
الكنتالوب			
Sqush (*Cucurbita moschata*)	Baekkukzwa, No. 8, Keumkang, Hongtozwa	تحمل جيد للفيوزاريم والحرارة المنخفضة.	الإصابة بالفيتوفثورا .
Interspecific hybrid squash (*Cucubita maxima* × *C. moschata*)	Shintoza, Shintoza #1, shintoza #2	مقاومة جيدة للفيوزاريم- تحمل جيد لحرارة التربة المنخفضة والعالية – تحمل غدق التربة.	الإصابة بالفيتوفثورا وضعف جودة الثمار .
Pumpkin (*Cucurbita pepo*)	Keumsakwa, Unyong, Super Unyong	مقاومة جيدة للفيوزاريم- تحمل حرارة التربة المنخفضة والعالية- تحمل غدق التربة	الإصابة بالفيتوفثورا
Melon (*Cucumis melo*)	Rootstock #1, Kangyoung, Keonkak, Keumgang	تحمل الفيوزاريم وجودة الثمار العالية	مشكلة فيتوفثورا
African horned cucumber (*Cucumis metuliferus*)	NHRI-1	نحمل جيد للفيوزاريم – تحمل الجفاف وغدق التربة– تحمل النيماتودا.	تحمل ضعيف للحرارة

جدول (١٢-٣): استجابة القرعيات لمختلف حالات الشدّ البيولوجى والبيئى (Davis وآخرون ٢٠٠٨).

الأصول والطعوم	الذبول الفيوزارى IV	III	II	I[أ]	النيماتودا M. halpa	M. incognita	تحمل الملوحة	تحمل الحرارة المنخفضة	توافق التطعيم مع الكنتالوب	الخيار	البطيخ
الأصول[ب]											
Shintoza	HR	HR	HR	[ج]HR	S	S	HR	HR	HC	HC	[د]HC
Hongtoza	SR	HR	HR	HR	S	S	MR	MR	HC	HC	SC
Figleaf gourd	SR	MR	SR	MR	S	S	HR	HR	IC	HC	IC
Bottle gourd	SR	HR	HR	MR	S	S	MR	SR	IC	HC	HC
Wax gourd	HR	HR	MR	HR	SR	S	SR	SR	-	HC	HC
Bur cucumber	HR	HR	HR	HR	HR	S	SR	SR	HC	MC	HC
[هـ]AH cucumber	HR	HR	HR	HR	MR	S	?	SR	HC	HC	HR
الطعوم											
البطيخ	HR	HR	SR	S	SR	HR	SR	S	-	-	-
الخيار	HR	HR	SR	HR	S	S	SR	HR	-	-	-
الكنتالوب	HR	S	HR	HR	S	S	S	S	-	-	-

(أ) فطريات الذبول الفيوزارى:

I, *Fuarium oxysporum* f. sp. *niveum*, II, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*; III, *F. oxysporum* f. sp. *melonis*; and IV, *F. oxysporum* f. sp. *lagenariae*.

(ب) الأصول:

Shinotza (*Cucurbita maxima* × *Cucubita moschata*), Hongtoza (*Cucurbita moschata*), figleaf gourd (*Cucubita ficifolia*), bottle gourd (*Lagenaria siceraria*), wax gourd (*Benincasa hispida*), bur cucumber (*Sicyos angulatus*), and AH cucumber (*Cucumis metuliferus*).

(ج) مقاومة الأصول والطعوم لفطريات الذبول الفيوزارى:

HR, highly resistant عالى المقاومة; MR, moderately متوسط المقاومة ; SR, slightly resistant قليل المقاومة and S. susceptible قابل للإصابة

(د) توافق الأصول مع الطعوم:

HC, highly compatible عالى التوافق; MC. Moderately compatible متوسط التوافق; SC, slightly compatible قليل التوافق ; an IC. Incompatible غير متوافق .

(هـ) AH Cucumber: African homed cucumber (وهو: *Cucumis metuliferous*)

ولقد وجدت المقاومة فى سلالات غير محسنة من البطيخ لبعض أمراض الجذور الهامة للبطيخ، شملت الذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *F. oxysporum* f. sp. *niveum*، وعفن التاج الذى يسببه الفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*،والنيماتودا *Meloidogyne javanica*، وكذلك لكل من الفطرين *Macrophomina phaseolina*، و *Monosporascus cannonballus*، وكانت أكثر السلالات المبشرة فى هذا الشأن — والتى لم يكن لها تأثيرات سلبية على صفات جودة ثمار نباتات البطيخ المطعم عليها — السلالات: PI457916، و PI459075، و BDA (Cohen وآخرون ٢٠١٤).

ويُصيب الفطر *Phomopsis sclerotioides* عديدًا من القرعيات مسببها لها مرض الذبول وعفن الجذور الأسود. ولقد أمكن مكافحة هذا المرض فى الخيار بالتطعيم على أى من: الهجن النوعية، و*Cucurbita ficifolia*، و *Benincasa hispida* (Louwis وآخرون ٢٠١٠).

كما لم تظهر أية أعراض للإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum*– مسبب مرض الذبول الطرى وتدهور النمو فى الخيار — عندما طعمت النباتات على أصول من الصنفين Titan أو Hercules، وذلك مقارنة باستعمال أصول أخرى ظهر معها المرض بنسبة ١٠٪ – ٤٠٪ كذلك أدى استخدام أصلاً Titan و Hercules إلى زيادة قوة النمو الخضرى وعدد الثمار ووزنها وطولها، مقارنة بالوضع فى نباتات المقارنة التى طُعمت على أصول من نفس صنف الطعوم (Al-Mawaali وآخرون ٢٠١٢).

وأمكن مكافحة ذبول ماكروفومينا — الذى يسببه الفطر *Macrophomina phaseoli*– فى الكنتالوب بالتطعيم على الأصل TZ-148 (وهو جيل أول لهجين نوعى فى جنس *Cucurbita*)، مقارنة بإصابة بالذبول وصلت إلى ٨٠٪ فى نباتات الكنترول بدون تطعيم. هذا مع العلم بأنه أمكن — كذلك — خفض الإصابة بالذبول إلى ٥٪ لدى معاملة التربة بالمبيد الفطرى azoxystrobin منفردًا، أو مع أى من المبيدين chlorothalonil أو medenoxam، وذلك مقارنة بإصابة بالذبول بلغت ٤٥٪ فى نباتات الكنترول (Cohen وآخرون ٢٠١٢).

إن التطعيم قد يشكل بديلاً مقبولاً لمعاملة التربة ببروميد الميثايل؛ وقد وُجد — على سبيل المثال — أن تطعيم الكنتالوب (هجين Cruiser) على أصول من الهجين النوعى *Cucurbita moschata* × *Cucurbita maxima* (الأصلان: RS841 إنتاج شركة بذور Séminis، و Shintosa Camelforce إنتاج شركة بذور Nunhems) يمكن أن يكون بديلاً لتعقيم التربة ببروميد الميثايل. ومع استعمال نباتات مطعومة فى الزراعة فإن كثافة الزراعة قد يمكن خفضها بنسبة ٦٠٪ مع الحصول على محصول أعلى من محصول النباتات غير المطعومة فى تربة معقمة ببروميد الميثايل. هذا.. ولم تتأثر صلابة الثمار أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة بالتطعيم (Ricárdez-Salinas وآخرون ٢٠١٠).

الذبول الفيوزارى

المكافحة بالتطعيم

البطيخ

بدأ تطعيم القرعيات فى عشرينيات القرن الماضى، وذلك بتطعيم البطيخ على أصول من القرع العسلى *Cucurbita maschata* لأجل حمايته من الإصابة بالذبول، وأعقب ذلك — خلال حقبة الثمانينيات — استخدام الصنف Renshi من اليقطين *Lagenaria siceraria* كأصل للبطيخ، وهو المقاوم لفطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenariae*. ومنذ ذلك الحين استعملت عديد من أصناف وسلالات اليقطين كأصول للبطيخ فى اليابان (Sakata وآخرون ٢٠٠٧، و Davis وآخرون ٢٠٠٨).

لقد أدى تطعيم البطيخ على اليقطين إلى مكافحة الذبول الفيوزارى وزيادة المحصول بنسبة ١٥٠٪، مقارنة بالمحصول فى معاملة الكنترول غير المطعومة (Islam وآخرون ٢٠١٣).

تتوفر المقاومة للسلالتين 0، و 1 من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *niveum* فى البطيخ. إلا أن جميع الأصناف قابلة للإصابة بالسلالة 2. يُعد هذا الفطر شديد التخصص على البطيخ؛ بما يسمح باستخدام الأنواع الأخرى القريبة كأصول مقاومة.

ولذا.. يكثر اللجوء إلى التطعيم مع الأنواع الأخرى من نفس جنس البطيخ interspecific grafting والأنواع من أجناس أخرى intergeneric grafting كأصول للبطيخ. وأكثر الأصول استخدامًا هو اليقطين bottle gourd؛ حيث يُستخدم على نطاق واسع فى اليابان، بينما يفضل استخدام الهجين النوعى Shintoza فى إسبانيا نظرًا لأنه يوفر مقاومة ضد جميع سلالات الفطر، ويحقق ثباتًا وزيادة فى المحصول نظرًا لحمايته للنباتات من الموت، مع زيادته لحجم الثمار.

وقد طور الفطر *Fusarium oxysporum* سلالة فسيولوجية جديدة قادرة على إصابة اليقطين، هى السلالة: *F. oxysporum* f. sp. *lagenariae*؛ مما استدعى البحث عن مصادر لمقاومة هذه السلالة الفسيولوجية فى هذا النوع المفضل كأصل للبطيخ؛ نظرًا لأنه يؤدى إلى زيادة محصول الثمار ويحافظ على جودتها؛ وبالفعل أمكن اكتشاف سلالات من اليقطين مقاومة للسلالة الفسيولوجية الجديدة من الفطر (Louws وآخرون ٢٠١٠).

وأفاد التطعيم على أى من هجن الـ *Cucurbita* النوعية: Shintosa Camel، أو Strong Tosa، أو أى من أصناف اليقطين Emphasis، أو Macis، أو WMXP فى مكافحة السلالتين 1، و 2 من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* المسبب لمرض الذبول الفيوزارى في البطيخ بدرجة أفضل من التطعيم على سلالة السترون Ojakkyo. وعلى الرغم من أن سلالات *F. oxysporum* غير المرضة، وكذلك السلالتين 1، و 2 من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *niveum* استعمرت نباتات الهجن النوعية للجنس *Cucurbita*، ونباتات اليقطين، ونباتات البطيخ المطعومة عليها، إلاّ أن الأصول الجذرية حدّت من حركة الفطر نحو طُعم البطيخ، كما حدّت من ظهور أعراض الذبول، وأدت إلى زيادة محصول الثمار فى الحقول الملوثة بالفطر (Keinath & Hassell ٢٠١٤).

كذلك أفاد تطعيم صنف البطيخ اللابذرى Fascination المقاوم للسلالة 1 من فطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* على كل من صنفين من

اليقطين (*Lagenaria siceraria*)، هما: Macis، و Emphasis، وصنفين من هجن الكوسة النوعية (*Cucurbita maxima* ×*C. moschata*)، هما: Strong Tosa ، و Carnivor.. أفاد ذلك فى مقاومة فطر الذبول الفيوزارى بسلالتيه 1، و 2، حيث بلغت أقل من ٦٪، مقارنة بإصابة بلغت أكثر من ٥٢٪ فى النباتات غير المطعومة. وإلى جانب مكافحة الذبول، فإن التطعيم على هجينًا الكوسة النوعيين أدى إلى زيادة محصول الثمار من الحجم المناسب الصالح للتسويق (Keinath & Hassell ٢٠١٤).

الكنتالوب

لقد وُجدت المقاومة للسلالة 1,2 من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *melonis* — مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الكنتالوب — فى كل من الأصلين التجاريين P 360 و PGM 96-05، وفى الأنواع: *Benincasa hispida*، و *Cucumis metuliferus*، و *Cucumis ficifoliua*، و *Cucurbita maxima*، و *Cucurbita moschata*، و *Lagenaria siceraria*. وبينما لم يؤثر الأصلان P 360، و PGM 96-05 على محصول وجودة ثمار الصنفين Supermarket، و Proteo اللذان استُخدما كطعوم، فإن الأصل *B. hispida* أثر سلبيًا على كل من المحصول وجودة الثمار، والأصل *C. zeyheri* أثر سلبيًا على جودة الثمار، والأصل *C. metuliferus* أثر سلبيًا على المحصول (Nisini وآخرون ٢٠٠٢).

إن الفطر *F. oxysporum* f. sp. *melonis* — الذى يتخصص على الكنتالوب — تُعرف منه أربع سلالات، هى: 0، و1، و 2، و 1.2 ، والأخيرة تعرف منها تباينات variants تتسبب فى حدوث اصفرار (1.2y) أو ذبول (1.2w)، حيث يرمز الحرف y للاصفرار yellows، والحرف w للذبول wilt. وتتوفر المقاومة فى هجن تجارية من الكنتالوب تحمل الجينيين السائدين Fom-1، و Fom-2 اللذان يتحكمان فى المقاومة للسلالات (0، و 2)، و (0، و1)، على التوالى، إلاّ أن المقاومة لسلالة الفطر 1.2 لم تعرف فى الكنتالوب بعد. وبسبب انتشار هذه السلالة الأخيرة كثر اللجوء إلى مقاومتها بالتطعيم على أصول مقاومة، والتى من أهمها *Cucurbita moschata*، والهجين

النوعى *C. moschata* × *C. maxima* اللذان يتميزان بمقاومتهما العالية لكل سلالات الفطر، وتوافقهما مع الكنتالوب فى التطعيم، وتأثيرهما الإيجابى على المحصول، حسب التركيب الوراثى لكل من الطعم والهجين النوعى المستخدم كأصل. ونظرًا لأن بعض التراكيب التطعيمية يحدث معها نقص فى المحصول؛ لذا.. يفضل اللجوء إلى التطعيمات داخل النوع intraspecific grafts؛ ومن ثم طُوِّرت أصول من *C. melo* تحمل مستويات متوسطة من المقاومة ومقاومة شبه تامة للسلالتين 1.2 y، و 1.2w.

كذلك شاع استعمال *Benincasa cerifera* (سابقًا: *B. hispida*) كأصل للكنتالوب فى أوروبا، إلا أن الاتجاه تحول نحو الهجن النوعية مؤخرًا. ولقد وجدت عدة هجن نوعية (منها: P360، و PGM، و 96-05، و RS841) للهجين *C. maxima* × *C. moschata* حققت عند استخدامها كأصول مع الكنتالوب مقاومة للسلالة 1.2 من الفطر دون إحداثها لتأثيرات سلبية على جودة الثمار. وأخيرًا.. فإن *Cucumis zeyheri* يحمل — هو الآخر — مقاومة لسلالة الفطر 1.2 (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أدى تطعيم الكنتالوب الشرقى *Cucumis melo* var. *makuwa Makino* على أصول من الجنس *Cucurbita* (أصلان، هما: SYTZ، و NZ1) إلى حمايته من الإصابة بالذبول الفيوزارى وتحسين المحصول كمًّا ونوعًا (Zhou وآخرون ٢٠١٤).

الخيار

تتوفر بعض المرونة فى اختيار الأصول المقاومة للأمراض فى الخيار نظرًا لأن ثماره تُحصد فى مرحلة مبكرة من نموها، ولا يعد محتواها من السكر وبعض صفات الجودة الأخرى بنفس الأهمية التى هى فى محاصيل أخرى مثل البطيخ والكنتالوب. ويعد الـ figleaf gourd (جورد ورقة التين) — وهو *Cucurbita ficifolia* — أحد أهم أصول الخيار نظرًا لمقاومته العالية جدًّا للذبول الفيوزارى. ويفضل استعمال سلالات الأصل المتحملة للحرارة المنخفضة أو المرتفعة، إضافة إلى المقاومة للفيوزاريم؛ ولذا يستخدم *C. ficifolia*

كأصل فى الجو البارد، بينما يُفضل استخدام الهجين النوعى Shintosa المقاوم للفيوزاريم والمتحمل للحرارة العالية فى الجو الحار. ويُفيد التطعيم على النوع *C. moschata* فى مقاومة كل من الذبول الفيوزارى ولفحة فيتوفثورا التى يسببها الفطر *Phytophthora melonis*، والتى يتحملها هذا الأصل. ومن ناحية أخرى.. فإن النوع *Sicyos angulatus* (وهو الـ burr cucumber) يقاوم كلا من الذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجذور. وتُفيد الأنواع *Cucurbita ficifolia*، و *C. moschata*، و *C. maxima* × *C. moschata* — كذلك — فى مقاومة الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* إلى جانب مقاومتها للذبول الفيوزارى (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أحدثت المعاملة بالسلالة PCL1391 من البكتيريا *Pseudomonas chlororaphis* خفضًا جوهريًّا فى إصابة البطيخ بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *niveum* المسبب للذبول الفيوزارى، بينما كانت السلالة WCS365 من البكتريا *P. fluorescens* أقل فاعلية فى مكافحة المرض، وكان لخليط من السلالتين تأثيرًا وسطًا (Tziros وآخرون ٢٠٠٧).

كما وجد أن السلالة B068150 من البكتيريا *Bacillus* spp. توفر مقاومة جيدة تصل إلى ٥٠٪ للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الخيار (Li وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بالفطريات الداخلية التطفل

أدت معاملة الكنتالوب بفطرين متطفلين داخليًّا على الجذور (endophytes) تابعين للجنس *Cadophora* sp. إلى إضعاف تقدم فطر الذبول الفيوزارى فى خلايا الجذر، علمًا بأن هيفات الـ endophytes نمت على سطح جذور الكنتالوب واستعمرت خلايا قشرة الجذر. ولم يكن تثبيط الـ endophytes للذبول الفيوزارى فعَّالاً إلاّ عندما عُوملت الشتلات — كذلك بالفالين valine، وكان خفض الإصابة — حينئذٍ — بنسبة ٤٣٪– ٦٢٪ (Khastini وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بالترايكودرما

أمكن مكافحة عفن قاعدة الساق الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* والذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *F. oxysporum cucumerinum* فى الخيار – جزئيًّا – بالمعاملة بأى من *Bacillus subtilis*، أو *Trichoderma harzianum*، كما أفاد *T. viride* فى مكافحة الذبول الفيوزارى (Hamed ١٩٩٩).

وتوفر المعاملة المشتركة بكل من الميكوريزا *Glomus intraradices*، و *Trichoderma harzianum* لنباتات الكنتالوب تعايشًا تعاونيًّا أفضل للميكوريزا، ومكافحة أفضل لمرض الذبول الفيوزارى. وقد تحققت تلك التأثيرات – كذلك – وإن كانت بدرجة أقل – عندما تمت المعاملة بفطريات ميكوريزا أخرى (هى: *G. mosseae*، و *G. claroideum*، و *G. constrictum*) مع *T. harzianum* (Martinez-Medina وآخرون ٢٠٠٩).

ولقد أدت معاملة مشاتل الخيار والتربة التى يُشتل فيها بسماد عضوى يحتوى على السلالة SQR-T037 من *Trichoderma harzianum* إلى تنويع العشائر الميكروبية فى التربة بطريقة كانت فعالة فى الحد من إصابة النباتات بالذبول الفيوزارى (Chen وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بمستخلصات الكمبوست

أظهرت مستخلصات الكمبوست من سبلة الخيل والماشية درجات من الحماية ضد الإصابة بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* – مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الخيار – تراوحت بين ١٨٫٦٪ – ٧٢٫١٪ فى حالة سبلة الخيل، و٣٨٫٥٪ – ٧٢٫٨٪ فى حالة سبلة الماشية. وتبين أن آلية الحماية من الإصابة كانت من خلال تثبيط المستخلصات لإنبات الجراثيم الكونيدية. وكذلك إلى تأثير الكائنات الموجودة بالمستخلصات المضادة لفطر الذبول الفيوزارى (Ma وآخرون ١٩٩٩).

المكافحة بالسماد الأخضر

أدت حراثة غطاء نباتي من *Trifolium incamatum* — الذى زرع كسماد أخضر — فى التربة قبل زراعة البطيخ اللابذرى إلى خفض إصابة النباتات بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *niveum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Himmeistein وآخرون ٢٠١٤).

الذبول المفاجئ

على الرغم من إصابة الفطر *Monosproascus cannonballus* — مسبب مرض الذبول المفاجئ — لجميع القرعيات، فإن المرض يُعد شديد الخطورة فى الكنتالوب، وبدرجة أقل فى البطيخ.

ينتشر مرض الذبول المفاجئ أو التدهور Monosporascus root rot and vine decline — الذى يسببه الفطر *M. cannonballus* فى زراعات الكنتالوب والبطيخ فى المناطق شبه الجافة الحارة، وتزداد خطورته فى الأراضى الملحية والقلوية. يُنتج الفطر وفرة من الأجسام الثمرية perithecia فى نسيج القشرة بالجذور ؛ فتبدو تحت العدسة المكبرة كالفلفل الأسود المنثور (مظهر الـ pepper spot). تُنتج الأجسام الثمرية الأكياس الأسكية ascai التى يحتوى كل منها على جرثومة أسكية واحدة سوداء وذات جدار سميك، يمكنها البقاء فى التربة لفترة طويلة.

لا توفر الدورة الزراعية وتشميس وتبخير التربة سوى فائدة محدودة فى مقاومة المرض، نظرًا لقدرة الفطر على البقاء فى التربة لفترات طويلة، ولتحمله للحرارة، ولقدرته على سرعة استعمار التربة المعقمة.

يُسبب الفطر ذبولاً فجائيًا مع اقتراب الثمار من النضج، ولا تتوفر مقاومة يُعتد بها فى أى من أصناف الكنتالوب أو البطيخ؛ ولذا كان الاتجاه نحو مقاومة المرض بالتطعيم (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالتطعيم

وجد أن الصنف Brava من *Cucurbita maxima* يُفيد — كأصل لتطعيم الكنتالوب عليه — فى مكافحة حالات الذبول المفاجئ التى يسببها الفطر *M. cannonballus* بنسبة ٧٥٪–١٠٠٪ (Edelstein وآخرون ١٩٩٩).

ولقد تأكدت مقاومة مرض الذبول المفاجئ الذى يسببه الفطر *M. cannonballus* فى البطيخ والكنتالوب بالتطعيم على أصول من *Cucurbita* spp.، وهى التى تقاوم الإصابة بالفطر (Beltrán ٢٠٠٨).

وبالمقارنة.. أُصيبت نباتات الكنتالوب من صنف إيديال بالذبول المفاجئ بنسبة ١٠٠٪ عندما لم تُطعم، وكذلك عندما طعمت على أى من الأصلين: *Cucurbita ficifolia* أو *Lagenaria siceraria* (الـ bottle gourd)؛ هذا بينما لم يظهر أى ذبول عندما استخدم أى من الأصلين الكوريين New Couple 124 أو Caurgo 109+130، واللذان كان محصول الكنتالوب عليهما جيدًا وصفات الثمار جيدة وطبيعية (النوبارية — نوفمبر ٢٠٠٠).

كذلك تُعد السلالة البرية Pat 81 من *Cucumis melo* ssp. *agrestis* مقاومة للفطر *Monosporascus cannonballus*، مسبب مرض الذبول المفاجئ للكنتالوب. وقد قورن استخدام هذه السلالة كأصل لتطعيم الكنتالوب عليه مع استخدام الأصل الشائع RS 841، وهو هجين نوعى: *Cucurbita maxima* × *C. moschata*، ووجد أنه أثناء الإصابة بالمرض يتأقلم المجموع الجذرى للسلالة Pat 81 لاحتياجات النموات الهوائية لصنف الكنتالوب Piel de Sapo، ويظهر مستوى عالٍ من المقاومة للفطر مماثلاً لمستوى مقاومة RS 841، ويوفر للنبات قدرًا أكبر من الجذور السليمة مع نسبة أعلى من الكتلة البيولوجية للجذور إلى كتلة النموات الخضرية، مقارنة بالـ Piel de Sapo غير المطعوم. وفى التربة غير الملوثة بالفطر المرض كان الأصل Pat 81 أقل تأثيرًا على صفات جودة الثمار عن تأثير RS 841؛ مما ترتب عليه انخفاض فى نسبة الثمار غير الصالحة للتسويق عما فى حالة استعمال RS 841 كأصل. وبذا.. فإن استخدام Pat 81 كأصل يجمع بين ميزتى مقاومة الذبول المفاجئ وضعف التأثير السلبى للأصل على صفات جودة الثمار (Fita وآخرون ٢٠٠٧).

ولقد أظهرت الهجن النوعية *C. maxima* × *C. moschata* مقاومة جيدة للفطر. ومن أمثلة الهجن التى استخدمت كأصول للكنتالوب: TZ 148 الذى أكسب النباتات بعض

المقاومة، و Brava الذى قلل الذبول المفاجئ بنسبة ٦٣٪ – ١٠٠٪، كما استخدم Shintoza الذى أفاد كأصل للبطيخ، وقلل الإصابة بالفطر، وجنَّب النباتات ظهور أعراض الذبول عليها.

كذلك شاع استخدام أصول من الجنس *Cucurbita* للبطيخ فى المناطق التى ينتشر فيها فطر الذبول المفاجئ فى إسبانيا.

وأظهرت السلالة Pat 81 من *Cucumis melo* ssp. *agrestis* مقاومة عالية للفطر، وأكسب نباتات الكنتالوب التى طعمت عليها مقاومة عالية للمرض، كانت مماثلة لتلك التى وفرها الهجين النوعى RS 481 (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أمكن عزل سلالتان من البكتيريا المحفزة للنمو النباتى من تربة معقمة بالتشميس، كانتا فعالتين فى مكافحة الفطر *Monosporascus cannonballus* مسبب مرض الذبول المفاجئ فى الكنتالوب، والسلالتان هما: BsCR من *Bacillus subtilis/amyloliquefacines*، و PpF4 من *Psudomonas putida*. وقد وجد فى البيئة الصناعية أن PpF4 ثبطت بقوة تطور تكوين الأجسام الثمرية للفطر (الـ perithecia). وفى ظروف البيوت المحمية أحدثت BsCR – منفردة، ومع PpF4 – خفضًا ثابتًا فى أعراض المرض. وتسببت BsCR – منفردة أو مع PpF4 – فى زيادة جوهرية – كذلك – فى الكتلة البيولوجية للنمو الجذرى فى كل من النباتات المحقونة بالفطر المرض وغير المحقونة. ويبدو أن BsCR تُسهم – كذلك – فى الحد من شدة الإصابة من خلال تحفيزها للدفاع النباتى (Antonelli وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة بسلالات ضعيفة التطفل من الفطر

أمكن مكافحة مرض الذبول الفجائى فى الكنتالوب – بيولوجيا – باستخدام عزلات ضعيفة التطفل من الفطر *Monosporascus cannonballus* (Batten وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة بتشميس التربة

أمكن بتشميس التربة solarization مع استعمال جرعة مخفضة (٣٠مل/م[٢]) من الميتام صوديوم metam-sodium مكافحة الفطر *Monosprascus cannonballus* مسبب مرض الذبول الفجائى فى الكنتالوب (وكذلك الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج الفيوزارى فى الطماطم)، علمًا بأن التشميس وحده أو استعمال المبيد وحدة لا يفيد كثيرًا فى مكافحة أى من الفطرين (Gamliel وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة بمستحثات المقاومة

أحدثت معاملة بذور الكنتالوب بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate (اختصارًا: MeJA) خفضًا جوهريًا فى أعراض الإصابة بالذبول المفاجئ الذى يسببه الفطر *Monosporascus cannonballus* فى تربة تمت عدواها بالفطر، وكانت معاملة البذور بأى من الـ acybenzolar-S-methyl (اختصارًا: BTH)، أو dipotassium hydrogen phosphate (اختصارًا: K_2HPO_4) مؤثرة كذلك ولكن بدرجة قليلة حيث كانت النباتات المعاملة أكثر قليلاً فى مقاومة الفطر المرض عن نباتات الكنترول؛ علمًا بأن المركبات الثلاثة هى من مستحثات المقاومة. وفى دراسة بالصوبة.. أدت معاملة البذور بالـ MeJA ثم رش النباتات بالمركب ذاته إلى تقليل شدة الإصابة بالمرض. كذلك كانت للمعاملة بالـ BTH تأثيرًا مماثلاً على المرض، ولكن المعاملة بالـ K_2HPO_4 لم تكن مؤثرة (Aleandri وآخرون ٢٠١٠).

ذبول فيرتسيليم

المكافحة بالتطعيم

لم تتوفر المقاومة لذبول فيرتسيليم (*V. dahliae*) فى أى من الأصول التى قُيمت لهذا الغرض من مختلف القرعيات، ولكن وجدت صفة تحمل الإصابة فى بعض سلالات وأصناف *Cucurbita pepo*، و *Lagenaria siceraria*. وقد أدى استخدام الهجين

النوعى Mamouth (وهو: *C. maxima* × *C. moschata*) إلى خفض الإصابة بذبول فيرتسيليم فى البطيخ إلى ٣٧٪، مقارنةبإصابة ٨٧٪ فى النباتات غير المطعومة، وذلك فى الصنف Crimson Sweet. كذلك وجد أن استعمال أصول من *Lagenaria siceraria* قللت الإصابة فى نفس صنف البطيخ إلى ٢٠٪– ٣٠٪ (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ويذكر أن تطعيم البطيخ على اليقطين *Lagenaria siceraria* صنف Emphasis، والهجين النوعى: *Cucurbita maxima* × *C. moschata* صنف Strong Tosa أفاد فى مكافحة ذبول فيرتسيليم (Buller وآخرون ٢٠١٣).

عفن التاج والجذر والثمار

تعرف سلالتان (1، 2) من الفطر *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* مسبب مرض عفن التاج والجذر والثمار الفيوزارى فى القرعيات. تُسبب السلالة 1 عفنًا بالجذر والساق والثمار فى الكوسة والكنتالوب، وبرزت مؤخرًا كمشكلة فى أصول البطيخ من الهجن النوعية. أما السلالة 2 فإنها تتسبب فقط فى إحداث عفن بالثمار. ويُستدل من دراسات حديثة أن السلالتين ربما تنتميان لنوعين مختلفين من الفطر. يُحمل الفطر وينتشر عن طريق البذور.

المكافحة بالتطعيم

بينما ظهرت القابلية للإصابة للسلالة 1 من الفطر فى السلالات والأصناف التى قُيمت من كل من *Cucurbita maxima*، و *C. moschata*، وكذلك فى عديد من الهجن النوعية *C. maxima* × *C. moschata* (مثل: Brava، و Shintoza، و RS481، و TZ-148، و TW-1)، فإن هجنًا أخرى من نفس الهجين النوعى (مثل: Achille، و Ercole، و Emphasis، و Just، و GV100) كانت مقاومة.

ويكافح الفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* — مسبب مرض عفن الجذر والساق فى الخيار — بتطعيم الخيار على أصول من الجنس *Cucurbita* مقاومة للمرض. ومن أكثر الأصناف والسلالات مقاومة — من بين تسعة أصول تم اختبارها — كلاً

من: Peto 42.91، و TS-1358 F_1، و TZ-148 F_1. ويُعد تطعيم الخيار على أصول مقاومة بديلاً لتبخير التربة ببروميد الميثايل (Pavlou وآخرون ٢٠٠٢).

المكافحة بعزلات غير ممرضة من فطر الفيوزاريم

أدت المعاملة بأى من عزلتين غير ممرضتين من الفطر *Fusarium oxysporum* إلى تقليل إصابة الخيار جوهريًّا بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *rdicis-cucumerinum* مسبب مرض عفن الجذر والتاج الفيوزارى. وأدى إقران المعاملة بفطر الفيوزاريم غير الممرض بعزلات بكتيرية من بكتيريا المحيط الجذرى إلى حماية النباتات بصورة أكثر — جوهريًّا — من الإصابة بالمرض، على الرغم من أن المعاملة بالبكتيريا — منفردة — لم تكن مؤثرة فى الحماية من الإصابة. وتجدر الإشارة إلى أن عزلة أخرى من فطر الفيوزاريم غير الممرض لم توفر — بمفردها — حماية لنباتات الخيار من الإصابة بعفن الجذر والتاج الفيوزارى، ولكنها أصبحت فعّالة فى المكافحة الحيوية عندما اقترنت المعاملة بها بالمعاملة بإحدى عزلات بكتيريا المحيط الجذرى (Abeysinghe ٢٠٠٩).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أدت معاملة نقع بذور الخيار فى أى من مستخلصات النباتات: *Azadirachta indica*، و *Ziziphus spina-christi*، و *Zygophylum coccineum* بتركيز ١٥٪ إلى خفض إصابة الجذور بالعفن الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* (Haikal ٢٠٠٧).

عفن الجذور الفيتوفثورى

المكافحة بالتطعيم

يمكن لبعض أصول القرعيات توفير حماية من الإصابة بفطر الفيتوفثورا فى القرعيات، ومثال ذلك النوع *Cucurbita moschata* الذى يوفر صفة القدرة على تحمل الإصابة بالفطر *Phytopthora melonis* مسبب مرض عفن الجذور ولفحة فيتوفثورا فى الخيار (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالسيليكون

أدت تغذية الخيار بالسيليكون بتركيز ١,٠ أو ١,٧ مللى مول سيليكون (فى صورة سيليكات صوديوم) إلى إحداث خفض جوهرى فى شدة الإصابة بالفطر *Phytophthora melonis* مسبب مرض عفن الجذور، وذلك مقارنة بالإصابة فى معاملة الكنترول. وقد حسَّنت معاملة السيليكون من نشاط الإنزيمين المضادين للأكسدة: كاتاليز catalase، وأسكوربيت بيروكسيديز ascorbate peroxidase؛ مما أدى إلى تحسين مقاومة المحصول لشدِّ الأكسدة — الذى استحثته الإصابة بالفطر *P. melonis* — ومن ثم إلى تحسين النمو النباتى (Mohaghegh وآخرون ٢٠١١).

لفحة الساق الصمغية

المكافحة بالتطعيم

تحدث الإصابة الابتدائية بالفطر *Didymella bryoniae* — مسبب مرض لفحة الساق الصمغية فى القرعيات — فى الجزء السفلى من تاج النبات؛ ولذا فإن الأصول المقاومة تُفيد فى مكافحة الفطر. ولقد وفرت الهجن النوعية *Cucurbita maxima* × *C. moschata* مقاومة للفطر، وكان الهجن RS 481 مناسبًا كأصل للكنتالوب؛ نظرًا لتأثيره الإيجابى على محصول الثمار وجودتها.

كذلك وُجدت المقاومة فى عديد من أنواع الجنس *Cucumis*، وفى هجن الـ *Cucurbita*، والنوع *Benincasa hispida*، وهى التى قد تُفيد كأصول فى مكافحة المرض (Louws وآخرون ٢٠١٠).

وأدى تطعيم صنف الكنتالوب Bonus II على أصول الكنتالوب Dinero، والقرع العسلى Strong Tosa إلى إكسابه مقاومة لفطر لفحة الساق الصمغية *D. bryoniae*، بينما كانت النباتات غير المطعومة قابلة للإصابة. ولم تؤثر معاملة المحاليل المغذية بتركيزات من البوتاسيوم تراوحت بين ٦٢,٥، و ٢٥٠ مجم/لتر على شدة الإصابة بالمرض (de Sousa da Silva وآخرون ٢٠١٢).

البياض الدقيقى

المقاومة بالتطعيم

تتميز بعض أصول القرع العسلى التى تستخدم فى تطعيم الخيار عليها بمقاومتها للفطر *Podosphaera xanthii* مسبب مرض البياض الدقيقى؛ فتتوفر المقاومة العالية فى الأصلين Tokiwa Power Z و White Power فى جميع مراحل النمو من البادرة إلى النبات البالغ، وتتوفر مقاومة متوسطة إلى عالية — خاصة فى النباتات البالغة — فى الأصل PPMR-1، بينما تتوفر صفة القابلية للإصابة فى الأصلين Hikari Power Gold و Shintosa. وقد وجد عند تطعيم الخيار على تلك الأصول أن تأثيرها كان قليلاً أو معدومًا على مقاومة الطعم للبياض الدقيقى فى مراحل النمو المبكرة. هذا إلا أن النباتات المطعومة على أى من الأصلين PPMR1 أو Shintosa أظهرت تحملاً أو مقاومة متزايدة للبياض الدقيقى مع التقدم فى العمر. وفى المقابل.. لم يكن للأصلين المقاومين بدرجة عالية Tokiwa Power Z و White Power تأثيرًا ملحوظًا على مقاومة الطعم فى المراحل المتأخرة من النمو (لم تكن الزيادة فى مقاومته جراء التطعيم عليهما كبيرة)، بينما أدى التطعيم على الأصل Hikari Power Gold إلى خفض مقاومة الطعم للبياض الدقيقى (Sakata وآخرون ٢٠٠٦).

لقد وجد أن الأصل المستخدم مع الخيار يمكن أن يُزيد أو يُقلل شدة الإصابة بالبياض الدقيقى حسبما إذا كان الأصل مقاومًا أم غير مقاوم للمرض. وتبين أن الأصول المقاومة للبياض الدقيقى تؤدى إلى زيادة محتوى الطعوم من السيليكا (SiO_2)، التى تلعب دورًا رئيسيًا فى مقاومة المرض. وعلى العكس أدى استعمال أصول أخرى كتلك التى تحمل ثمارًا غير شمعية bloomless إلى زيادة إصابة الطعوم بكل من البياض الدقيقى والفطر *Corynespora* sp. (مسبب مرض الـ target spot)؛ الأمر الذى ربما كان نتيجة لتقليل الأصل لامتصاص السيليكا (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة الحيوية

يفيد فى مكافحة مرض البياض الدقيقى فى القرعيات رش النباتات بعد نحو ١٥ يومًا من زراعة البذرة، أو بعد ١٠ أيام من الشتل بمخلوط من المركب بلانت جارد مع المنشط الطبيعى هيومكس بمعدل ٢٥٠ مل (سم^3) من كل منهما لكل ١٠٠ لتر ماء، مع إجراء الرش قبل الغروب. ويكرر الرش كل حوالى ١٠–١٥ يومًا حسب الحاجة.

ويمكن مكافحة الفطر *S. fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى بيولوجيًا بالمعاملة بالفطر السطحى التطفل *Ampelomyces quisqualis* (= *Cicinnobolus cesatii*)، وهو فطر فعّال – كذلك – فى مكافحة مختلف الفطريات السطحية التطفل المسببة للبياض الدقيقى السطحية فى مختلف القرعيات، والخضراوات الأخرى (Abo-Foul وآخرون ١٩٩٦).

ويفيد الفطر السطحى النمو *Tilletiopsis pallescens* فى مكافحة الفطر *S. fuliginea* فى الخيار. ويزداد نمو الفطر *T. pallescens* مع زيادة الرطوبة النسبية حتى ٩٠٪، وعند تواجد الفطر *S. fluiginea*، وبإضافة زيت اللفت بنسبة ١٪ إلى معلق جراثيم الفطر عند انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪. هذا ولم يلاحظ أى دليل على اختراق الفطر *T. pallescens* لأى من خلايا العائل (الخيار)، أو غزل الفطر *S. fuliginea* (Urqyhart & Punja ١٩٩٧).

ويستدل من نتائج دراسات Verhaar وآخرين (١٩٩٦) أن المعاملة بالفطر *Verticillium lecanii* تفيد فى المكافحة البيولوجية للفطر *S. fuliginea*. وخاصة عند توفر مقاومة جزئية من الفطر المسبب للبياض الدقيقى فى الأصناف المستعملة فى الزراعة. وفى دراسة لاحقة (Veerhaar وآخرون ١٩٩٧) أعطت المكافحة البيولوجية نتائج جيدة عندما اتبعت كإجراء وقائى ٩–٥ أيام قبل الحقن بالفطر *S. fuliginea*، أو كإجراء علاجى مبكر فى خلال يومين من الإصابة بالبياض الدقيقى. وعلى الرغم من أن الحقن بالفطر *V. lecanii* بعد أكثر من يومين من الإصابة بالبياض الدقيقى كان مصاحبًا

بزيادة فى المساحات المصابة بالبياض إلا أن المكافحة الحيوية أدت فى نهاية الأمر إلى خفض الإصابة بالبياض إلى أقل من ٢٠٪ مقارنة بالكنترول. وقد أكد Askary وآخرون (١٩٩٨) فاعلية المكافحة البيولوجية للبياض الدقيقى فى الخيار باستعمال سلالات مختلفة من الفطر *V. lecanii*، كما أوضحت دراسات Veerhaar وآخرون (١٩٩٨) أهمية الدور الذى تلعبه الرطوبة النسبية فى التأثير على فاعلية الفطر *V. lecanii* فى مكافحة البياض الدقيقى فى الخيار.

وقد تبين لدى مقارنة ثلاثة فطريات من تلك المستعملة فى المكافحة الحيوية للفطر المسبب لمرض البياض الدقيقى فى الخيار أن *Sporothrix flocculosa* كان أثرها فاعلية — حيث أعطى مكافحة بدرجة مماثلة لتلك التى حُصل عليها بالرش مرة واحدة بأى من المبيدين الفطريين ببيريميت bupirimate أو إمازاليل imazalil فى صنف مقاوم جزئيًّا للمرض، بينما كان الفطر *Ampelomyces quisqualis* عديم الفائدة، وكان تأثير الفطر *Verticillium lecanii* فى مكافحة المرض محدودًا.

ولقد أدت معاملة الخيار بأى من مستحثات المقاومة: K_2HPO_4، ومستخلص البروبولس propolis (وهى مادة راتينجية شمعية القوام يجنيها النحل من براعم الأشجار)، وراشح كلاً من *Bacillus subtilis*، و *Trichoderma harzianum* إلى خفض الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى، وذلك بدرجات مختلفة، كما أدت إلى زيادة نشاط إنزيمات الدفاع بدرجات مختلفة كذلك، مقارنة بما حدث فى نباتات معاملة الكنترول. وكانت أكثر المعاملات تأثيرًا هى التى كانت بخليط من مستخلص البروبولس مع راشح كلاً من *Bacillus*، و *Trichoderma* وكانت جميع المعاملات بالمستحثات أفضل من المعاملة بالمبيد الفطرى توباس ١٠٠ Topas-100 فى مكافحة المرض (Mahdy وآخرون ٢٠٠٦).

وتتوفر منتجات تجارية تحتوى على كائنات دقيقة (مثل: Actinovate AG، و Companion، و BU EXP 1216 C، و BU EXP1216S) تُستخدم فى مكافحة

الفطر *Podosphaera xanthii* — مُسبب مرض البياض الدقيقى فى القرعيات. وقد وجد أن تبادل استعمال أى من تلك المنتجات مع نصف المعدل الموصى باستخدامه من مبيدات البياض الدقيقى التجارية يُفيد فى مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الكوسة والكنتالوب (Zhang وآخرون ٢٠١١).

ومن بين المركبات الحيوية التجارية الأخرى التى أثبتت فاعلية فى المكافحة الحيوية للبياض الدقيقى، ما يلى:

- AQ10، وهو يحتوى على الفطر *Ampelomyces quisqualis*، والذى طُوِّر خصيصًا لمكافحة البياض الدقيقى، حيث يُتلف جراثيم الفطر المرض.
- Serenade، وهو يحتوى على البكتيريا *Bacillus subtilis*، التى تمنع الفطر المرض من إصابة النبات.
- Sporodex، وهو يحتوى على الخميرة *Sporothrix flocculosa*، التى تفيد فى مكافحة البياض الدقيقى فى الزراعات المحمية.

يُعاب على المكافحة الحيوية احتياجها إلى رطوبة نسبية عالية لتكون فعالة فى المكافحة؛ الأمر الذى يناسب زيادة الإصابة بالبياض الدقيقى (Nunez-Palenius وآخرون ٢٠٠٦).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

وجد أن المعاملة أسبوعيًا بمحلول مائى من مستخلصات أوراق نبات الـ Knotweed وهو (*Reynoutrica sachalinensis*) بتركيز ٢٪ أدت إلى مكافحة الفطر *S. fuliginea* فى الخيار بذات كفاءة المبيد الفطرى بينوميل benomyl، ولم تؤثر المعاملة على محصول الثمار، ولكن تكرار الرش جعل أوراق النباتات لامعة، وأقتم لونًا، وأكثر عرضة للتقصف عند ملامستها. وقد أدت المعاملة — خاصة للأوراق المصابة بالبياض — إلى تراكم سريع وواضح للمركبات الفينولية فى الأوراق. وقد كان التأثير المباشر للمعاملة على الفطر هو حدوث تثبيط للجراثيم الكونيدية؛ الأمر الذى يقود إلى

الاعتقاد بأن المعاملة تُحدث تأثيرها من خلال استحثاثها للعمليات الأيضية المحفزة للمقاومة الطبيعية فى النبات.

ويعرف التحضير التجارى لمستخلص هذا النبات — وهو منتج ألمانى (Compo, Munste, Germany) — باسم مِلسانا فلسّج Milsana flussig. ومن المعروف أن النباتات التى تعامل بهذا المستخلص يزداد محتواها من الكلورفيل، كما يزداد فيها نشاط إنزيم β-1,3-glucanase، وإنتاج الإثيلين (Daayf وآخرون ١٩٩٥).

وفى دراسة لاحقة (Daayf وآخرون ١٩٩٧) تبين أن أوراق نبات الخيار المعاملة بمستخلص أوراق نبات *R. sachalinensis* تنتج عند عدواها بالفطر *S. fuliginea* فيتوألاكسينات Phytoalexins مضادة للفطريات، تكون هى المسئولة عن مقاومة الخيار للفطر المسبب للبياض الدقيقى.

كذلك وجد أن المعاملة بمستخلص نبات *R. sachalinensis* كانت لها نفس قوة ومفعول المبيد الفطرى ميكولوبيتاناول، والكبريت فى مكافحة البياض الدقيقى فى الخيار، وأدت المعاملة إلى زيادة المحصول بنسبة ٤٩٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد أكدت الدراسة على أهمية هذا المستخلص النباتى فى الوقاية من الإصابة بالبياض الدقيقى (Konstantindou-Doltsinis & Schmitt ١٩٩٨).

وعلى صعيد آخر تمكن Paik وآخرون (١٩٩٦) من مكافحة الفطر *S. fuliginea* فى الخيار بشكل جيد برش النباتات بمسحوق قابل للبلل (يحتوى على ٣٠٪ مادة فعّالة) من مستخلص نبات *Rheum undulatum*، أو بالمبيد الفطرى AK، وهو يقترب فى تركيبه الكيميائى من المستخلص النباتى، ويحتوى على 1,8-dihydroxy anthraquinone.

ويحتوى المستخلص المائى للنبات *Rabinia pseudoacacia* على مركبين نشطين بيولوجيًّا يلعبان دورًا فى مكافحة هذا المستخلص للفطر *Sphaerotheca fuliginea*، مسبب مرض البياض الدقيقى فى الخيار (Zhang وآخرون ٢٠٠٨).

ويُستخدم مستخلص نبات الروبارب الصينى *Rheum officinale* فى الصين كمنتج تجارى بتركيز ٥ جم/لتر فى مكافحة البياض الدقيقى فى الخيار الذى يسببه الفطر *Podosphaera xanthii*. ولقد وصلت كفاءة المكافحة إلى ٨٠٪ عندما استخدم المستخلص بمعدل ١٠–٥٠ مجم مادة فعالة/لتر (٣ رشات) أو بمعدل ٢٠–٥٠ مجم مادة فعالة/لتر (رشتان). وكان محصول الخيار المعامل بالمستخلص مماثلاً لمحصول المعاملة بالمبيد triadimefon، أو أعلى منه، وأعلى بمقدار ٥٣٪ عن محصول معاملة الكنترول غير المعاملة (Yang وآخرون ٢٠٠٩).

كما وجد أن مستخلص النباتين *Euphorbia humifusa*، و *Robinia pseudoacacia* الصينيان منعا إصابة الخيار بالفطر *Spherotheca fuliginea* — مسبب مرض البياض الدقيقى — كما أفادا — كذلك– فى العلاج من الإصابة بالمرض (Liu وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالشيتوسان

كانت أقوى المعاملات تأثيرًا فى مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الخيار والكنتالوب والفلفل، والندوة المبكرة والمتأخرة فى الطماطم، هى: الشيتوسان + زيت الزعتر، والشيتوسان + السكارين saccharin، والشيتوسان + كلوريد الكالسيوم + الخميرة *Saccharomyces cerevisiae*، والشيتوسان + monohydrogen phosphate، والسكارين + potassium monohydrogen phosphate، والشيتوسان + الخميرة *S. cerevisiae*. كذلك أحدثت المعاملة بأى من *Trichoderma harzianum* أو *Bacillus subtilis* خفضًا جوهريًا فى الإصابات المرضية، مقارنة بتأثير المعاملات البيولوجية السابقة. أما المعاملة بأى من: *T. viride*، أو *P. fluorescens*، أو *S. cerevisiae* فكان تأثيرها فى المكافحة وسطًا (Abde-Kader وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة باللبن الحليب

كان الرش بالتركيزات العالية من اللبن الحليب (٤٠٪، و ٥٠٪) أكثر كفاءة من المبيدات الفطرية فى مكافحة الفطر *S. fuliginea* — مسبب مرض البياض الدقيقى فى

الكوسة؛ حيث وجد ارتباط سالب بين المساحة الورقية المصابة بالفطر / ورقة مصابة وتركيز اللبن المستخدم من ٥٪ إلى ٥٠٪ (Bettiol ١٩٩٩).

المكافحة بالأحماض الأمينية

أحدث رش نباتات الخيار بمخلوط من الريبوفلافين riboflavin مع المثيونين methionine خفضًا جوهريًا فى إصابتها بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى. هذا وكان أول رد فعل للمعاملة حدوث زيادة مفاجئة وحادة فى إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين فى الأوراق، وكذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، مثل السوبر أوكسيد دسميوتيز suproxide dismutase. وأحدثت المعاملة — أيضًا — زيادة فى محتوى اللجنين بالأوراق كانت ظاهرة بعد تسعة أيام من المعاملة (Kang ٢٠٠٨).

المكافحة بأملاح الفوسفات والبوتاسيوم

أدى رش السطح العلوى للورقة الحقيقية الأولى من نباتات الخيار مرة واحدة بأى من المركبات K_2HPO_4 أو $KHPO_4$ أو $Na_4P_2O_7$، أو Na_3PO_4 بتركيز ١٠٠ مللى مولار قبل ساعتين من عدوى النباتات بالفطر *S. fuliginea*.. أدى ذلك إلى توفير حماية جهازية للنباتات من الإصابة بالبياض الدقيقى فى الورقتين الثانية والثالثة. وبينما لم تكن للمعاملة بالمركب Na_2HPO_4 أى تأثير فى هذا الشأن، فإن رش الورقة الأولى بمخلوط من المركبين $KHPO_4$، و Na_2HPO_4 أحدث مقاومة جهازية واضحة فى الورقتين الثانية والثالثة. وأدى رش الورقة الأولى بالمركب K_2HPO_4 قبل عدواها بالفطر بـ ٩٦ ساعة، أو ٤٨ ساعة، أو ساعتين إلى توفير مقاومة جهازية ظهرت على صورة نقص فى عدد مواقع الإصابة الأولى بالبياض الدقيقى بنسبة ٧٤٪، و٧٦٪، و ٩٦٪ على التوالى، مقارنة بنباتات الكنترول التى رشت بالماء. وكانت أفضل المركبات فى توفير المقاومة الجهازية: K_2HPO_4، و KH_2PO_4 (Reuveni وآخرون ١٩٩٣).

وتمكن Reuveni وآخرون (١٩٩٥) من مكافحة الفطر *S. fuliginea* معنويًّا برشة واحدة من محلول مائى لأحد أملاح الفوسفات والبوتاسيوم بتركيز ٢٥ مللى مولارًا. وقد كانت أملاح الفوسفات كافية وحدها لمكافحة المرض، إلا أن كفاءتها ازدادت بإضافة توين ٢٠ Tween-20 — وهى مادة ناشرة — إليها. وكانت كفاءة المكافحة — معبرًا عنها باختفاء ٩٩٪ من البثرات المرضية — قد تأكدت بعد يوم واحد أو يومين من الرش مرة واحدة بأحد أملاح البوتاسيوم والفوسفات، واستمرت كفاءة المعاملة لمدة ١٢ يومًا بعد المعاملة فى نباتات خيار البيوت المحمية المصابة بالبياض الدقيقى، ولمدة ١٥ يومًا فى النباتات الكبيرة. كذلك أنقصت المعاملة جوهريًّا إنتاج الجراثيم الكونيدية من المستعمرات الفطرية فى النباتات المعاملة. وأدت رشة أخرى من هذه الأملاح للنباتات ذاتها إلى التخلص من نحو ٥٠٪ من مستعمرات البياض التى كانت موجودة قبل المعاملة. وأدت الرشات الإضافية إلى تثبيط تطور المرض، مقارنة بالرش بالماء. ولكنها لم تقلل من عدد البقع المرضية الموجودة بالفعل. وكانت المعاملة بالفوسفات أكثر كفاءة فى مكافحة المرض من المبيد الجهازى بيريفينوكس pyrifenox، وقللت من إصابات البياض الدقيقى لمدة ١١ يومًا بعد المعاملة، ولكن العكس كان صحيحًا بعد ١٥يومًا. وقد أوصى الباحثون بالتسميد الورقى بأملاح الفوسفات والبوتاسيوم لما تتميز به من قدرة إضافية على مكافحة المرض.

وفى دراسة لاحقة ذكر Reuveni وآخرون (١٩٩٦) أنه تمت مكافحة الفطر S. fuliginea معنويًّا برش النموات الخضرية مرة واحدة بمحلول مائى من أى من أملاح فوسفات أحادى البوتاسيوم، أو نترات البوتاسيوم بتركيز ٢٠ مللى مولارًا أو بمحلول من المبيد الفطرى الجهازى بيريفينوكس Pyrifenox بتركيز ٠,٠١٪. وذلك قبل العدوى بالفطر المسبب للبياض الدقيقى. كذلك وجد أن الرشات الإضافية للنموات الخضرية بكل من فوسفات أحادى البوتاسيوم، وفوسفات ثنائى البوتاسيوم، وبيكربونات الصوديوم (بتركيز ١٪) وبيريفينوكس ثبّطت نموات البياض الدقيقى. وكانت المعاملة بأى من

فوسفات أحادى البوتاسيوم أو فوسفات البوتاسيوم، أو نترات البوتاسيوم كل ٧ أو ١٤ يومًا شديدة الفاعلية فى الحماية من الإصابة بالبياض الدقيقى تحت ظروف الصوبة. ولم يكن البيريفينوكس أكثر فاعلية فى الحماية من الإصابة بالفطر *S. fuliginea* عن أى من أملاح الفوسفات أو البوتاسيوم. ولم تكن هذه المحاليل الملحية سامة للنباتات . ويستدل من هذه الدراسة أن تلك الأملاح تعد مثالية للاستعمال كأسمدة ورقية لأجل تغذية النباتات وحمايتها من الإصابة بالبياض الدقيقى فى الزراعات المحمية.

كذلك عامل Mosa (١٩٩٧) نباتات الخيار بمحاليل مائية من أملاح الفوسفات: KH_2PO_4 ، و K_2HPO_4، و K_3PO_4 بتركيز ٢٥ أو ٥٠ مللى مولارًا من أى منهم إما قبل عدواها بالفطر *S. fuliginea* بيومين، أو بعد عدواها بالفطر بثلاثة أيام. وقد أدت جميع المعاملات إلى خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى، وكانت أفضل الأملاح: K_2HPO_4، و K_3PO_4، حيث كان مفعولهما وقائيًا وعلاجيًا. وقد خفضت المعاملة من إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر معنويًا. وصاحبت المعاملة زيادة كبيرة فى نشاط إنزيم البيروكسيديز فى كل من النباتات المعدية بالفطر وغير المعدية به.

كما وجد Titone وآخرون (١٩٩٨) أن رش نباتات الكوسة بمحلول مائى من فوسفات أحادى البوتاسيوم بتركيز ١٪ أحدث نقصًا فى الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fusca* بنسبة ٥٠٪، ولكن كان من الضرورى رش جميع أوراق النبات، حيث لم تُجد معاملة ورقة واحدة بملح الفوسفات. وقد أدت المعاملة إلى نقص إنبات جراثيم الفطر من خلال تأثير جهازى أحدثته فى النبات، كما نقص تجرثم الفطر فى النباتات المعاملة مقارنة بالنباتات غير المعاملة، نتيجة لنقص مواقع الإصابة بالفطر ابتداءً.

المكافحة بالسيليكون

أمكن فى المزارع المائية مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الخيار، والكنتالوب، والكوسة بإضافة سيليكات البوتاسيوم إلى المحول المغذى بتركيز ١,٧ مللى مولارًا من السيليكون، أو رش النباتات بمحلول من المركب ذاته بتركيز ٠,١٧ مللى مولارًا من

السيليكون قبل سبعة أيام من عدواها بالفطر المسبب للمرض، حيث أدت أى من هاتين المعاملتين إلى تقليل ظهور الإصابة بالمرض (Menzies وآخرون ١٩٩٢).

وأدى نمو النباتات فى بيئة غنية بالسيليكون إلى زيادة ترسبه فى أنسجة الورقة، وخاصة عند قواعد الشعيرات trichomes، وصاحب ذلك زيادة فى مقاومة النباتات للفطر المسبب للبياض الدقيقى *S. fuliginea*، وكذلك ترسبه فى خلايا البشرة المحيطة بمواقع إصابة الفطر للأوراق (Samules وآخرون ١٩٩١)، ولكن المعاملة أدت كذلك إلى اكتساب الثمار لونًا شاحبًا غير طبيعى (Samules وآخرون ١٩٩٣).

وقد برهنت دراسات Fawe وآخرون (١٩٩٨) على أن السيليكون يعمل على زيادة مقاومة نباتات الخيار للفطر المسبب للبياض الدقيقى، وذلك بتحفيزه للنشاط الأيضى المضاد للفطر فى الأوراق المصابة، بتكوينه لنواتج أيضية ذات وزن جزيئى منخفض. وقد عزلت إحدى تلك المركبات — التى اعتبرت من الفيتوألاكسينات Phytoalexins — وعُرِّفت بأنها فلافونول أجليكون falavonol aglycone، وتم تحديد تركيبها الكيميائى.

وأمكن مكافحة الفطر *Podosphaera xanthii* — مسبب مرض البياض الدقيقى فى الكنتالوب بمعاملة النباتات — عن طريق التربة — بسليكات البوتاسيوم. أدت المعاملة إلى تقليل كفاءة الفطر فى إحداث الإصابة وتقدمها، وفى معدل انتشارها واتساعها. ولقد كان تركيز السيليكون فى الأوراق أعلى فى حالة المعاملة الأرضية بسيليكات البوتاسيوم عما كان عليه فى حالة الرش الورقى، والتى تراكم فيها السيليكون على سطح الورقة وليس فى أنسجتها (Dallagnol وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بالكوبالت

أدى رش نباتات الكوسة وهى فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى بكبريتات الكوبالت إلى زيادة مقاومتها الطبيعية للفطر *S. fuliginea*، حيث انخفضت شدة الإصابة بالبياض الدقيقى بزيادة تركيز محلول الرش من ٠,٠٢٥ إلى ٠,١ مللى مولارًا من كبريتات الكوبالت. كذلك كان رش النباتات بمركب فوسفات ثنائى البوتاسيوم K_2HPO_4 شديد الفاعلية فى مكافحة المرض عندما استعمل بتركيز ٦ مللى مولارًا. وقد قللت معاملة الرش

بكبريتات الكوبالت نشاط إنزيمى الأوكسيديز والبولى فينول أوكسيديز، هذا فى الوقت الذى خفضت فيه معاملة الرش بمركب فوسفات ثنائى البوتاسيوم نشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز، بينما أدت إلى زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز فى الأوراق المفصولة بعد ٤٨ ساعة من العدوى بالفطر (Gamil ١٩٩٥ أ).

المكافحة بالسيلينيم

أدت إضافة السيلينيم إلى المحاليل المغذية بتركيز ٠,٧٥ مللى مولارًا إلى خفض الإصابة بالبياض الدقيقى فى الخيار بنسبة تراوحت بين ١٠٪، و ١٦٪ (Dik وآخرون ١٩٩٨).

المكافحة بماء الكلس ومضادات النتح

وُجد أن رش نباتات الكوسة أسبوعيًا بأى من ماء الكلس Whitewash (Loven أو Yalbin)، أو الطين أدى إلى مكافحة الفطر *S. fuliginea* بنسبة ٥٠٪–٦٠٪. وقد ازدادت كفاءة الرش عند إضافة مادة تجارية لاصقة إليه.

كذلك أعطت معاملة الرش أسبوعيًّا بمضاد النتح فيبور جارد Vapor Gard نتائج مماثلة للرش بماء الكلس مع المادة اللاصقة (Marco وآخرون ١٩٩٤).

المكافحة بأملاح البيكربونات

أفاد الرش بأملاح البيكربونات — مثل بيكربونات الصوديوم — فى مكافحة المرض فى الخيار (عن Palmar وآخرين ١٩٩٧).

كذلك أفادت المعاملة بأى من بيكربونات الصوديوم، أو توين٢٠ Tween-20، أو بينولين Pinolene (وهو مستخلص من الصنوبر)، والزيت المعدنى. وفوسفات أحادى البوتاسيوم، وزيت الكانولا.. أفادت المعاملة بأى منها منفردة، أو فى توافيق مع بعضها فى خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى كل من الكوسة والخيار، وكانت أفضلها هى المعاملة ببيكربونات الصوديوم مع أى من التوين ٢٠، أو الزيت المعدنى، أو البينولين (Collina ١٩٩٦).

المكافحة بالمنظفات والمواد الناشرة

أفادت معاملة نباتات الخيار بالمادة المنظفة detergent زوهار Zohar LQ-215 فى تقليل شدة الإصابة بالبياض الدقيقى. حيث بلغت شدة الإصابة ٢,٤٪ فقط بعد المعاملة ثلاث مرات على فترات مدتها ٥ أيام، وذلك مقارنة بشدة إصابة بلغت ٢٧٪ فى نباتات المقارنة. وأدى خلط الزوهار مع المبيد الفطرى فيناريمول fenarimol بنصف التركيز الذى يستعمل منه عادة إلى تحسين فاعلية كل منهما تحت ظروف الحقل (Cohen وآخرون ١٩٩٦).

المكافحة بالزيوت

أدت معاملة الخيار بالتلميون Telmion (وهو تحضير تجارى يحتوى على زيت بذور اللفت بنسبة ٨٥٪) على صورة رذاذ دقيق (مست mist)، سواء أجريت المعاملة قبل عدوى النباتات بالفطر *S. fuliginea* (لأجل الحماية من الإصابة)، أم بعد العدوى بالفطر (لأجل معالجة الإصابة)..أدت إلى نقص معنوى فى شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى الخيار بكفاءة زادت عن ٩٠٪ (Haberle & Schlosser ١٩٩٣).

المكافحة بفوق أكسيد الأيدروجين والتوربو

أدى رش أوراق الخيار باى من فوق أكسيد الأيدروجين بتركيز ١٥ مللى مول أو Pharmaplant-turbo (اختصارًا: توربو Turbo، وهو منتج كيميائى جديد مضاد للفطريات) بتركيز ١ مل /لتر إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Podosphaera fusca* مسبب مرض البياض الدقيقى من ٩٠,٤٪ فى الكنترول إلى ١١٪–١٢٪. وعندما أضيفت إلى أى من معاملتى فوق أكسيد الأيدروجين أو التوربو معاملة تسميد عضوى (كمبوست + مستخلص كمبوست + مستخلص طحالب بحرية)، فإنها أدت – إلى جانب مكافحة المرض– إلى زيادة النمو النباتى الخضرى ومحصول الثمار المبكر والكلى (Hafez وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بحامض السلسيلك

أدى نقع بذور الكوسة فى أسيتايل حامض السلسيلك acetylsalicylic acid بتركيز ٢,٥ أو ٥ مللى مولا لمدة ٢٤ ساعة إلى زيادة مقاومتها الطبيعية للفطر *S. fuliginea*. كذلك

أدى رش البادرات وهى فى مرحلة الورقة الحقيقة الأولى بتركيزات مماثلة من الأسبرين إلى خفض شدة الإصابة بالمرض، ولم يكن الفرق معنويًا بين التركيزين المستعملين (Gamil ١٩٩٥ب).

المكافحة بمستحثات المقاومة

أدت معاملة الخيار بتركيزات منخفضة من المركب المخلق 2,6-dichlorisonicotinic acid (اختصارًا: INA) إلى جعلها مقاومة للإصابة بالفطر *S. fuliginea*، واختلف التركيز الفعّال من المركب حسب درجة المقاومة الوراثية للفطر فى صنف الخيار المستعمل، حيث تراوح بين ٠,٢٥ جزءًا فى المليون فى الصنف فلامنجو Flamingo المقاوم جزئيًا للبياض الدقيقى، و ٦ أجزاء فى المليون فى أصناف أخرى قابلة للإصابة. وقد أمكن مقاومة المرض بصورة فعّالة تحت ظروف الصوبة فى صنف الخيار فلامنجو بمعاملة النباتات كل أسبوعين بتركيز ٠,٥ جزءًا فى المليون، علمًا بأن المعاملة كان لها تأثير تراكمى (Hijwegen & Verhaar ١٩٩٥).

ويعتقد بأن معاملة نباتات الخيار بحامض السليسيلك Salicylic acid تكسبها مقاومة جهازية ضد الإصابة بالفطر *S. fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى؛ حيث يترتب على المعاملة قبل العدوى بالفطر بطء فى كافة خطوات عملية الإصابة المرضية (Conti وآخرون ١٩٩٦). ووجد Feussner وآخرون (١٩٩٧) أن المناعة التى تكتسب ضد الإصابة بالبياض الدقيقى عند معاملة الخيار بأى من حامض السليسيلك أو مركب INA يمتد تأثيرها فى كلتا الحالتين ضد كل من الفطرين *S. fuliginea*، و *E. cichoracearum* مسببًا البياض الدقيقى، إلا أن حامض السليسيلك كان أكثر فاعلية فى إكساب النباتات مناعة ضد البياض الدقيقى عن INA. وقد صاحبت المعاملة بأى من المركبين — مع العدوى بالفطر — إنتاج النباتات لطراز جديد من إنزيم ليبوكسى جينيز lipoxygenase أعطى الرمز LOX-95.

ولقد أفادت معاملة الخيار مرة واحدة بالمنتج التجارى مِلسانا Milsana (Margo — الهند)، ثم معاملة بالمنتج بيون Bion (سنجنتا– سويسرا) فى مكافحة الفطر

Podosphaera xanthii مسبب مرض البياض الدقيقى، ولكن لم يحدث هذا التأثير فى الكوسة. كذلك أحدثت المعاملة بالمنتج التجارى رِزِّست Rezist (Stoller – تكساس) خفضًا جوهريًّا فى إصابة الخيار بالمرض. وقد أحدثت المعاملة بأى من البيون أو الرِّزست زيادة فى نشاط إنزيم الشيتينيز chitenase؛ بما يؤيد فعلهم كمستحثات للمقاومة الجهازية المكتسبة، إلاّ أن منتج المِلسانا لم يكن له هذا التأثير؛ بما يرجح أن تأثيره كان من خلال تثبيطه المباشر للإصابة بجراثيم الفطر. وبينما لم يكن منتج الملسانا – وحده – مؤثرًا تحت ظروف الحقل ولو مع تكرار المعاملة عدة مرات، فإن المعاملة بالبيون – وحده – عدة مرات أعطت مكافحة جيدة للمرض. هذا إلا أن عدة معاملات بالبيون أثرت – كذلك – سلبًا على النمو النباتى؛ مما انعكس سلبًا على محصول الثمار. وفى المقابل .. أعطت معاملة واحدة بالملسانا قبل أو بعد معاملة واحدة بالبيون مكافحة جيدة للمرض (Bokshi وآخرون ٢٠٠٨).

استعراض للمكافحة ببدائل المبيدات

من بين بدائل المبيدات المستخدمة فى مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات، ما يلى:

١–زيت النيم (كما فى المنتجات التجارية Triology، و Triology 90EC وغيرهما)، وهو مستخلص من بذور شجرة النيم *Azadirachta indica*، ويستخدم كمبيد حشرى، وأكاروسى، وفطرى لمكافحته البياض الدقيقى، لكنه قد يكون ضارًا بالنحل والحشرات المفيدة؛ لذا.. يتعين استخدامه بحرص.

٢–إى ريز E-RASE، وهو مُنتج طبيعى مستخلص من زيت الهوهوبا *Buxus chinensis*، ويعمل كمبيد فطرى بالملامسة، يمكن استخدامه فى مكافحة البياض الدقيقى.

٣–زيت القرفة cinnamon oil (كما فى Cinnamite، وValero وغيرهما)، وقد أثبت كفاءة فى مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات.

يُعاب على استخدام الزيوت الطبيعية فى المكافحة تكلفتها العالية، حيث إن أسعارها عالية، ويتعين استخدامها عدة مرات خلال الموسم الواحد لتحقيق مكافحة يُعتد بها.

٤- الزيوت المعدنية (مثل JMS Stylet Oil)، وهى فعَّالة فى مكافحة البياض الدقيقى وأقل تكلفة عن الزيوت الطبيعية.

٥- المنتج التجارى OxiDate، وهو مبيد فطرى واسع المدى يعتمد على فوق أكسيد الأيدروجين كمادة فعالة، ويقاوم جراثيم البياض الدقيقى بالملامسة. هذا.. إلاّ إنه يَتعَين المعاملة بالـ OxiDate مرات عديدة لتحقيق مستوى ملائم من المكافحة. وجدير بالذكر أن بعض أصناف الكنتالوب تُعد حساسّة للمركب الذى يُحدث بها أضرارًا.

٦- حليب الأبقار، الذى يؤدى رشة على الأوراق إلى مكافحة الفطر المسبب للمرض، ولا تُعرف الآلية التى يُحدث بها الحليب تأثيره.

٧- السيليكون الذى تؤدى إضافته بتركيز ٢-٣ مللى مول إلى المحاليل المغذية للمزارع اللاأرضية للخيار إلى تأخير الإصابة بالبياض الدقيقى والحد منها. كذلك فإن رش نباتات الخيار بطين الـ chlorite mica — الذى يحتوى على السيليكون — يحد من إصابته بالبياض الدقيقى.

٨- أملاح الكاتيونات وحيدة التكافؤ، مثل البوتاسيوم (كما فى المنتجات التجارية لبيكربونات البوتاسيوم: Armicab 100، و Kaligreen، و FirstStep، و Remedy، و Milstop.. إلخ)، وبيكربونات الصوديوم، وبيكربونات الأمونيوم، وفوسفات أحادى البوتاسيوم (مثل: Nutrol)، وقد أثبتت جميعها قدرة على مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات. هذا.. وتحتوى مركبات البوتاسيوم سالفة الذكر على بوتاسيوم بنسبة تصل إلى ٣٠٪؛ لذا.. فإنها تُسوق أيضًا على اعتبار أنها أسمدة ورقية (Nunez-Palenius وآخرون ٢٠٠٦).

وقد أمكن مكافحة الفطر *Sphaerotheca fusca* مسبب مرض البياض الدقيقى فى كل من قرع الشتاء والكنتالوب والقرع العسلى بالمعاملة بأى من:

١- الفطر *Ampelomyces quisqualis* فى صورة المركب التجارى AQ10.

٢- الزيت JMS stylet-oil، وهو زيت معدنى متوسط اللزوجة.

٣–M-Pede، وهو ملح البوتاسيوم للأحماض الدهنية.

٤–التحضير التجارى Kaligreen، وهو يحتوى على بيكربونات البوتاسيوم بنسبة ٨٢٪.

وكان أكثرها تأثيرًا الزيت المعدنى، إلا أنها جميعًا لم تكن بدرجة تأثير برامج المكافحة بالمبيدات بكل من الكلورثالونيل chlorothalonil والميكوبيوتانيل mycobutanil (McGarth & Shishkoff ١٩٩٩).

كما أُوصى بمكافحة مرض البياض الدقيقى فى القرعيات – الذى يسببه الفطر *Podosphaera xanthii* – بمراعاة ما يلى:

١–تقل الإصابة بالمرض – عادة – إلى حين بدء ازدياد الثمار فى الحجم، إلاّ إذا تعرضت النباتات لمنافسة شديدة من الحشائش؛ الأمر الذى يتطلب العناية بمكافحة الحشائش.

٢–زراعة الأصناف المقاومة.

٣–من بين بدائل المبيدات التى يمكن استخدامها فى مكافحة المرض، ما يلى:

أ– الكبريت.

ب– الزيوت المعدنية، علمًا بأن تأثيرها محدود.

ج– الزيوت النباتية.

د– الرش ببيكربونات البوتاسيوم. علمًا بأن تأثيرها محدود، والأفضل خلطها مع الزيوت المعدنية (Cornell University ١٩٩٦).

البياض الزغبى

المكافحة المتكاملة

تتطلب إصابة القرعيات بالفطر *Pseudoperonospora cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى توفر رطوبة حرة على سطح الأوراق لمدة لا تقل عن ٢–٣ ساعات. ولذا..

فإن من أهم وسائل مكافحة هذا المرض تجنب هذا الأمر بالرى بالتنقيط وتجنب الرى بالرش، والتهوية مع التدفئة فى الزراعات المحمية، وتقليل كثافة الزراعة قدر الإمكان (Lebeda & Cohen ٢٠١١).

ويُراعى فى المكافحة المتكاملة للبياض الزغبى فى القرعيات، ما يلى:

١-الاعتماد فى الزراعة على الأصناف المقاومة قدر الإمكان.

٢-الزراعة فى المناطق التى تتميز بتحرك الهواء فيها (فلا يسكن فيها الهواء بما يحمله من رطوبة)، والإضاءة الشمسية القوية.

٣-تجنب الرى بالرش لمنع ابتلال الأوراق.

٤-التسميد المناسب دون إفراط.

٥-يفيد – فى بداية أوبئة البياض الزغبى – إزالة النباتات المصابة، حيث يؤدى ذلك إلى تأخير سرعة انتشار المرض، ولكن يُراعى عند إجراء ذلك عدم نشر المرض بالأيدى أو المعدات الملوثة بالفطر.

٦-الرش بالمبيدات الفطرية الوقائية كل ٧-١٠ أيام بداية من بزوغ البادرات أو الشتل. وعند ظهور المرض يُضاف مبيد فطرى علاجى لمخلوط الرش، مع إجراء الرش كل ٥-٧ أيام.

وفى الزراعات العضوية يمكن استخدام المبيدات الفطرية النحاسية، ولكن مع الحرص فى استعمالها لأن بعض القرعيات حساسة للنحاس، وخاصة فى الظروف الباردة الرطبة، وهى نفس الظروف المناسبة للإصابة بالمرض (Becker & Miller ٢٠٠٩).

ومن بين بدائل المبيدات التى تستخدم فى مكافحة البياض الزغبى فى القرعيات، ما يلى:

١-مستخلص النبات المعمر *Inula viscosa* (وهو من العائلة المركبة) الذى يُثبط إطلاق الجراثيم السابحة وإنباتها.

٢-مادة الأليسين allicin (وهى: diallylthiosulphinate) — المستخلصة من الثوم — بتركيز ٥٠-١٠٠٠ ميكروجرام/لتر.

٣-الحامض الأمينى غير البروتينى BABA (وهو: β-aminobutyric acid) الذى يُنَشِّط الجهاز الدفاعى بالعائل ضد الفطر (Lebeda & Cohen ٢٠١١).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

تفيد معاملة نباتات الخيار بمستخلص أوراق عرق السوس *Glycyrrhiza glabra* فى مكافحة البياض الزغبى فى الخيار بكفاءة وصلت إلى ٩٩٪ فى الاختبارات المعملية وإلى ٨٣٪ فى الاختبارات الحقلية شبه التجارية. وقد أمكن عزل ثلاثة مركبات مضادة للميكروبات ولفطريات النبات والإنسان من مستخلص عرق السوس، هى: glavranin، و licoflavanon، و pinocembrin (Scherf وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بالسيليكون

دُرس تأثير المعاملة بالسيليكون على الإنزيمات الرئيسية ذات العلاقة بالدفاع ضد الإصابة بالأمراض فى نباتات الخيار الملقحة بالفطر *Pseudomonas cubensis*، مسبب مرض البياض الزغبى. أظهرت النتائج أن إضافة السيليكون إلى المحلول المغذى أحدثت زيادة جوهرية فى محتوى الأوراق من العنصر، كما حفَّزت نشاط عديد من الإنزيمات ذات العلاقة بالدفاع، وخاصة: guaiacol peroxidase، و polyphenol oxidase، وكان أفضل تركيز مؤثر للسيليكون هو ٣,٦ مللى مول سيليكون، وهو الذى انخفضت معه الإصابة بنسبة ٦٠٪، مقارنة بالإصابة فى نباتات الكنترول التى لم تعامل بالسيليكون (Yu وآخرون ٢٠١١).

المكافحة بالـ BABA

وجد أن المعاملة بالحامض الأمينى غير البروتينى DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) تستحث مقاومة فى الكنتالوب والخيار ضد الإصابة بالبياض الزغبى الذى يسببه الفطر *Pseudoperonospora cubensis*. كذلك وفرت المعاملة بالـ

BABA حماية للكنتالوب من الإصابة بالفطر المسبب للذبول *Fusurium oxysporum* f. sp. *meloinis*. وقد كانت المعاملة فعَّالة سواء أجريت بالرش الورقى، أم بسقى التربة بمحلول منه (Ovadia وآخرون ٢٠٠٠).

لفحة أوراق ألترناريا

المكافحة البيولوجية

يُحدث سُمّ الفطر *Alternaria alternata* — مسبب مرض لفحة أوراق ألترناريا فى البطيخ — أعراضًا مماثلة تمامًا لأعراض الإصابة بالفطر ذاته، وتُستخدم البكتيريا *Bacillus subtilis* فى مكافحة المرض. وقد تبين أن السم الفطرى جليكوبروتينى glycoproteinaceous فى طبيعته، وأن البكتيريا تستعمله كمصدر وحيد للكربون (Maheswari &Sankaralingam ٢٠١٠).

الأنثراكنوز

المكافحة بالمستخلصات النباتية

تُحدث معاملة الخيار بالـ burdock fructooligosaccharide — المستخلص من جذور الأرقطيون *Arctium lappa* — مقاومة جهازية مكتسبة، حيث يزداد فى النباتات المعاملة تركيز حامض الأبسيسك، وتزداد المقاومة للفطر *Colletotrichum orbiculare* — مسبب مرض الأنثراكنوز — ونشاط الإنزيمات الدفاعية فى بادرات الخيار (Zhang وآخرون ٢٠٠٩).

وأظهر مُستخلص النبات *Cinnamomum camphora* قدرة جوهرية عالية على مكافحة الفطر *Colletotrichum lagenarum* مسبب مرض الأنثراكنوز فى الخيار، بلغت ٩٥٪ مكافحة عند استعماله بتركيز ١٦ مجم/مل. هذا.. وكان المستخلص ثابتًا نسبيًا فى حرارة ٨٠°م، وفى الظروف الحامضية، وحال تعرضه للضوء، ولفترات قصيرة من الأشعة فوق البنفسجية (Chen & Dai ٢٠١٢).

المكافحة بالـ ASM

تُستحث المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) ضد الفطر *Colletotrichum orbiculare* – مسبب مرض الأنثراكنوز – فى بادرات الخيار الصغيرة فى خلال ثلاث ساعات من معاملتها بالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) فى الورقة الحقيقية الأولى؛ إذا تتكون إشارة قوية ترتبط بتراكم جوهرى لفوق أكسيد الأيدروجين فى سوائل الخشب، سريعًا من تنتقل من الأوراق المعاملة فى خلال ٣–٦ ساعات. وقد وجدت زيادات جوهرية فى مستويات حامض الشيكيمك shikmic acid فى النباتات المعاملة بالـ ASM والملقحة بالفطر المرض، كما أدت المعاملة – كذلك – إلى إحداث زيادة بمقدار ٥٠٪ فى نشاط الإنزيم 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase فى خلال ١٢ ساعة من المعاملة (Lin & Ishi ٢٠٠٩).

الجرب

المكافحة بالـ ASM

وجد أن معاملة الخيار بالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) يستحث مقاومة جهازية مكتسبة ضد الفطر *Cladosporium cucumerinum* – مسبب مرض الجرب – وذلك فى خلال ٤–٦ ساعات من المعاملة بالمركب، وقد ظهرت تلك المقاومة المستحثة فى صورة استحثاث لنشاط الإنزيمات acidic peroxidase، و acidic class III chitinase، و acidic β-1,3-glucanase. ولم يقتصر حث نشاط الإنزيمين peroxidase، و chitinase على الأوراق السفلية المعاملة فقط، بل ظهر أيضًا فى الأوراق العلوية التى لم تُعامل بالمركب (Narusaka وآخرون ١٩٩٩).

تلطخ الثمار البكتيرى

المكافحة بالشيتوسان

أحدثت معاملة بادرات البطيخ – النامية فى مزرعة برليت وفى التربة – بالشيتوسان (وخاصة chitosan A) بتركيز ٠,٤ مجم/مل خفضًا جوهريًا فى معدل موتها

بفعل بكتيريا التلطخ البكتيرى *Acidovorax citrulli*، مقارنة بوسائل المكافحة المعتادة. وفى البيئة الصناعية للفطر ثبطت المعاملة بالـ chitosan A بتركيز ٠,٤ مجم/مل من نمو البكتيريا كذلك (Li وآخرون ٢٠١٣).

الأمراض الفيروسية

بصورة عامة.. تعتمد مكافحة الأمراض الفيروسية التى تصيب القرعيات على مكافحة الحشرات — وعلى الأخص المن والذبابة البيضاء — التى تنقل الفيروسات إلى النباتات، والتى تتضمن فيروسات: موزايك التبغ، وموزايك الخيار، وموزايك الزوكينى الأصغر، واصفرار وتقزم القرعيات، وموزايك الكوسة، وموزايك البطيخ، وتبقع البابااظ الحلقى؛ فضلاً عن فيرس بقع القاوون المتحللة الذى ينتقل بواسطة الفطر *Olpidium radicale* الذى يعيش فى التربة.

المكافحة بالوسائل الزراعية ذات الصبغة العامة

من أهم تلك الوسائل، ما يلى:

١–عدم الزراعة بالقرب من زراعات قديمة مصابة بالفيرس.

٢–زراعة الأصناف المقاومة متى وجدت.

٣–زراعة حزام من النباتات الجاذبة للمنّ حول حقل الزراعة:

أدت زراعة حزام من الدُخن Millet حول حقول زراعة الكوسة إلى خفض إصابتها بفيروسى تبقع البابااظ الحلقى وموزايك البطيخ.

٤–عدم استعمال بذور ملوثة أو مصابة بالفيرس فى الزراعة.

٥–تطهير البذور من الفيرس بالمعاملة بالأحماض كإجراء وقائى، وخاصة مع فيرس بقع القاوون المتحللة.

المكافحة بالتطعيم

لا يفيد التطعيم فى المكافحة إلا مع فيرس بقع القاوون المتحللة؛ حيث تتوفر أصول مقاومة مثل أصل الكوسة المنيع شنتوزا ٢ Shintoza II، الذى أدى استعماله كأصل للكنتالوب فى تربة ملوثة بالفيرس إلى عدم ظهور أعراض الإصابة، كما لم يمكن عزل الفيرس من النباتات (Yoshida & Goto ١٩٨٧). كذلك يفيد تطعيم الخيار على الأصل المنيع *Cucurbita ficifolia* (Bos وآخرون ١٩٨٤).

كذلك تتوفر المقاومة للفطر *Olpidium* sp. ناقل فيرس بقع الكنتالوب المتحللة فى كل من الهجينين النوعيين RS841، و Shintosa Camelforce، وأمكن استخدامهما بنجاح كأصول للبطيخ لمقاومة الفيرس (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة باستعمال أغطية التربة العاكسة للضوء

إن استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء، وهى الأغطية الألومنيومية والأغطية البلاستيكية الفضية اللون تعمل على تشتيت المنّ وطرده بعيدًا عنها، ومن ثم بعيدًا عن النباتات.

وأدى استعمال أى من أغطية التربة العاكسة للضوء (الألومنيومية أو البلاستيكية البيضاء، أو الزرقاء، أو البنية اللون) إلى خفض شدة الإصابة بفيروسات الموزايك فى الكوسة (Chalfant وآخرون ١٩٧٧، و Conway وآخرون ١٩٨٩).

وقد قارن Pinese وآخرون (١٩٩٤) تأثير أغطية التربة العاكسة للضوء، مع كل من الرش بالمبيدات، والرش بالزيوت المعدنية، أو الجمع بين أكثر من معاملة منها على إصابة الكوسة بفيرس تبقع الباباظ الحلقى. ووجدوا ما يلى:

أ- أدى استعمال أغطية التربة البلاستيكية الفضية اللون إلى خفض نسبة المخاطرة Hazard Ratio بالإصابة بالفيرس إلى ٠,٣٢، مقارنة بنسبة مخاطرة مقدارها واحد صحيح فى الكنترول.

ب- تساوت معاملة الجمع بين الرش بالزيت المعدنى ألبارول Albarol بنسبة ١٪، والرش بالمبيد الحشرى ميتاسيستوكس ٢٥٠ Metasystox 250 مع معاملة الغطاء الفضى العاكس للضوء فى خفض نسبة المخاطرة بالإصابة بالفيرس.

ج – كانت أكثر المعاملات فاعلية هى الجمع بين الغطاء الفضى اللون للتربة والرش بكل من الزيت المعدنى والمبيد، حيث أدت إلى خفض نسبة المخاطرة إلى ٠,١٦، ومضاعفة محصول الثمار الخالية من أعراض الإصابة، وزيادة عدد مرات الحصاد إلى أكثر من الضعف مقارنة بمعاملة الشاهد.

د- كان الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة – منفردًا- فعّالاً جزئيًّا، حيث قلل نسبة المخاطرة إلى ٠,٦٦، وكان هذا التأثير جوهريًّا مقارنة بالكنترول.

هـ- لم تكن الأغطية البلاستيكية الزرقاء والرمادية اللون مؤثرة فى خفض شدة الإصابة بالفيرس، حيث كانت نسبة المخاطرة معهما ٠,٨٦، و٠,٩٩ على التوالى.

ولقد قُورن تأثير غطاء للتربة بالرش بالطلاء الفضى silver spray mulch مع نوعين من أغطية البوليثيلين الفضية – قبل زراعة الكوسة الزوكينى – على التأخير فى بداية الإصابة بعديد من الأمراض الفيروسية – التى ينقلها المن – فى كاليفورنيا، وتبين أن طلاء الرش الفضى القابل للذوبان فى الماء، والذى يتحلل بيولوجيًّا قد يفضل أغشية البوليثيلين الفضية لأنه يمكن حراثته فى التربة فى نهاية موسم النمو، ولا يحتاج إلى إزالته والتخلص منه خارج الحقل مثلما فى حالة الأغشية البلاستيكية (Summers وآخرون ١٩٩٥).

المكافحة بالأغطية الطافية

تستعمل أغطية النباتات الطافية، مثل أجريل بى ١٧ Agryl P17؛ بهدف منع المن والذبابة البيضاء من الوصول إلى النباتات (Perring وآخرون ١٩٨٩).

ولقد أدت تغطية حقول الكوسة بالأغطية الطافية إلى زيادة محصول الثمار، حيث وفرت تلك الأغطية حماية من الإصابة المبكرة بالفيروسات التى تسبب الموزايك

وتشوهات الأوراق والاصفرار، وكان من أبرز فيروسات الاصفرار التى توفرت الحماية المبكرة منها: فيرس الاصفرار المنقول بالمن cucurbit aphid-borne yellows virus، وفيرس اصفرار وتقزم القرعيات cucurbit yellow stunting disorder virus الذى تنقله الذبابة البيضاء (El-Zammar وآخرون ٢٠٠١).

كما أدى استعمال أغطية النباتات إلى خفض أعداد المن المهاجر على نباتات الكوسة؛ مما أدى إلى تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بفيرس موزايك البطيخ والحد من شدة أعراض المرض الفيروسى أيًا كان الغطاء البلاستيكى للتربة المستعمل (أسود أو أبيض)، لكن تباينت درجة الاستجابة للمعاملة بتباين أصناف الكوسة، وقل تأثيره على مكافحة المرض مع نهاية موسم النمو؛ وحينئذٍ كان الغطاء النباتى أكثر جدوى مع استعمال الغطاء البلاستيكى الأبيض للتربة. هذا وكان الغطاء النباتى أكثر جدوى فى مكافحة الفيرس فى صنف متحمل للمرض لمدة أطول عما كان تأثيره مع صنف قابل للإصابة (Walters ٢٠٠٣).

المكافحة بالزيوت

لا تفيد المبيدات التى تقتل بالملامسة فى تقليل شدة الإصابة بالفيروسات التى ينقلها المن، لأن الحشرة تنقل الفيرس إلى النبات قبل أن تُقتل بفعل المبيد، إلا أن المبيدات الجهازية يمكن أن تقلل الانتشار الثانوى للفيرس فى الحقل ذاته بمنع تكاثر الحشرة الناقلة له على النباتات المصابة.

وقد وُجد أن رش نباتات الكنتالوب بأحد الزيوت المعدنية — وهو JMS Stylet Oil — لم يؤثر على المنّ بصورة مباشرة، ولكنه قلل تواجد وانتشار الفيروسات التى تنقلها حشرة المنّ (فيروسا موزايك الخيار وموزايك البطيخ فى هذه الدراسة) عندما كانت الإصابة الفيروسية محدودة. وعلى الرغم من أن الرش بالزيت المعدنى لم يُجد فى الحد من انتشار الفيرس عندما كانت الإصابة شديدة، إلاّ أنه أخر ظهور الإصابة قليلاً (Umesh وآخرون ١٩٩٥).

كذلك لم يُجدِ الرش الأسبوعى بالمبيد الحشرى أنثيو ٣٣ Anthio 33 منفردًا أو مخلوطًا مع الزيت المعدنى JMS Stylet Oil، أو الرش بالزيت المعدنى منفردًا فى مكافحة أمراض الكوسة الفيروسية (موزايك البطيخ٢، وموزايك الخيار، وموزايك الزوكينى الأصفر) فى وادى الأردن، ولكن أفاد استعمال الغطاء البلاستيكى الألومنيومى للتربة مع الرش بالزيت المعدنى فى خفض شدة الإصابة (Mansour ١٩٩٧).

ولقد أمكن تأخير تقدم الإصابة بالفيروسات: موزايك الزوكينى الأصفر، وتبقع الباباظ الحلقى، وموزايك البطيخ (وجميعها من فيروسات مجموعة البوتى Potyriruses التى تنتقل بواسطة المنّ).. أمكن تأخير تقدم الإصابة بها — ووصولها إلى نسبة ٥٠٪ إصابة — بمقدار ٥–٧ أيام، وذلك برش النباتات بالزيت المعدنى JMS Stylet Oil. وقد كانت أضرار الإصابات الفيروسية فى النباتات المعاملة بالزيوت المعدنى أقل جوهريًّا مما فى نباتات الكنترول. هذا بينما لم تؤثر المعاملة بالمبيد إندوسلفان Endosulfan على انتشار هذه الفيروسات (Webb & Linda ١٩٩٣).

المكافحة بسلالات ضعيفة من الفيرس

أمكن الحد من الإصابة بالسلالات عالية الضراوة من فيروسات: موزايك الخيار، وموزايك الزوكينى الأصفر، وموزايك البطيخ رقم٢ — تحت ظروف الإصابة الشديدة فى الحقل — وذلك بتلقيح (عدوى) نباتات الخيار مسبقًا بسلالات مُضعَفَة (attenuated) من فيروسين أو أكثر من تلك الفيروسات، وكانت العدوى بفيروسين أو أكثر من الفيروسات المُضعَفَة أفضل من العدوى بفيرس واحد مُضعف فى توفير الحماية من الإصابة الشديدة المختلطة بالفيروسات الثلاثة (Kosaka & Fukunishi ١٩٩٧).

كذلك أدى تلقيح نباتات الكوسة بسلالة ضعيفة من فيرس تبقع الباباظ الحلقى قبل عدواها بسلالة عالية الضراوة من الفيرس بمدة ١٠ أو ٢٠ يومًا إلى حماية النباتات من مضاعفات الإصابة الشديدة بالسلالة العالية الضراوة من الفيرس ذاته، بينما لم تكن للسلالة الضعيفة أية تأثيرات سلبية ملحوظة على النباتات. وقد ازدادت أعداد الثمار

الصالحة للتسويق فى النباتات التى تم عدواها بالسلالة الضعيفة من الفيرس بنسب تراوحت بين ٣٢٧٪ و ٦٣٣٪ مقارنة بما أنتجته نباتات الكنترول، بينما لم ينخفض المحصول فيها إلا بنسبة ١٠٪ فقط عن النباتات السليمة التى لم تتعرض للإصابة الفيروسية (Rezende & Pacheco ١٩٩٨).

أمكن حماية نباتات الكوسة من الإصابة الشديدة بفيرس موزايك الزوكينى الأصفر بحقنها — أى بعدواها — بسلالة ضعيفة من الفيرس ذاته اكتشفت فى فرنسا. أعطيت هذه السلالة الاسم ZYMV-WK بسبب ضعفها (Week Strain=WK) فى إحداث أعراض المرض حتى ولو بدأت الإصابة بالفيرس فى طور البادرة (Lecoq وآخرون ١٩٩١). كذلك أثبتت هذه السلالة فاعليتها فى الحماية من الإصابة الشديدة بالمرض فى كل من الخيار، والكنتالوب والكوسة فى تايوان، وكانت فعّالة ضد سلالات قوية من الفيرس حُصل عليها من كونكتكت، وفلوريدا، وفرنسا، وتايوان (Wang وآخرون ١٩٩١)، وكذلك أثبتت فاعليتها فى الحماية من الفيرس فى الكنتالوب فى كاليفورنيا (Perring وآخرون ١٩٩٥).

وقد أوضحت دراسات Spence وآخرون (١٩٩٦) أن حقن (عدوى) نباتات الكوسة بالسلالة الضعيفة من فيرس موزايك الزوكيني الأصفر كان مصاحبًا بنقص فى المحصول تراوح بين ٤٪، و٣٨٪. وبينما لم تظهر أى أعراض للإصابة بالفيرس على ثمار النباتات التى حُقنت بالسلالة الضعيفة، فإن الأعراض الطفيفة التى ظهرت على الأوراق ظلت كذلك حتى نهاية الموسم. وظهرت الحماية التى وفرتها السلالة الضعيفة عندما حدثت إصابة طبيعية شديدة بالفيرس، حيث ظلت الثمار خالية من أية أعراض للإصابة، وظلت أعراض الأوراق طفيفة كما هى، بينما كانت الأعراض على النباتات التى لم تلقح بالسلالة الضعيفة شديدة على كل من الأوراق والثمار إلى درجة أنها لم تكن صالحة للتسويق.

المكافحة الحيوية

وجد Raupach وآخرون (١٩٩٦) أن معاملة بذور الخيار بسلالات معينة من أى من نوعى البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*، و *Serratia marcesens* أكسبت النباتات قدرًا معنويًا من المقاومة ضد فيرس موزايك الخيار.

نيماتودا تعقد الجذور

المكافحة بالتطعيم

تتوفر أفضل مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى القرعيات فى كل من: الـ burr cucumber والـ African horned cucumber كأصلين للخيار. كما يفيد استخدام *Cucumis metuliferus* كأصل للكنتالوب فى الحد من الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (Louws وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بالدورة الزراعية مع أصناف مقاومة

أدت زراعة الكنتالوب فى عروة خريفية على نفس المصاطب — التى زرعت عليها طماطم مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور (صنف Celebrity) فى العروة الصيفية السابقة لها — إلى زيادة إنتاج الكنتالوب عما كان عليه الحال عندما زرع بعد صنف الطماطم القابل للإصابة Heatwave (Hanna ٢٠٠٠).

المكافحة بالإضافات العضوية للتربة

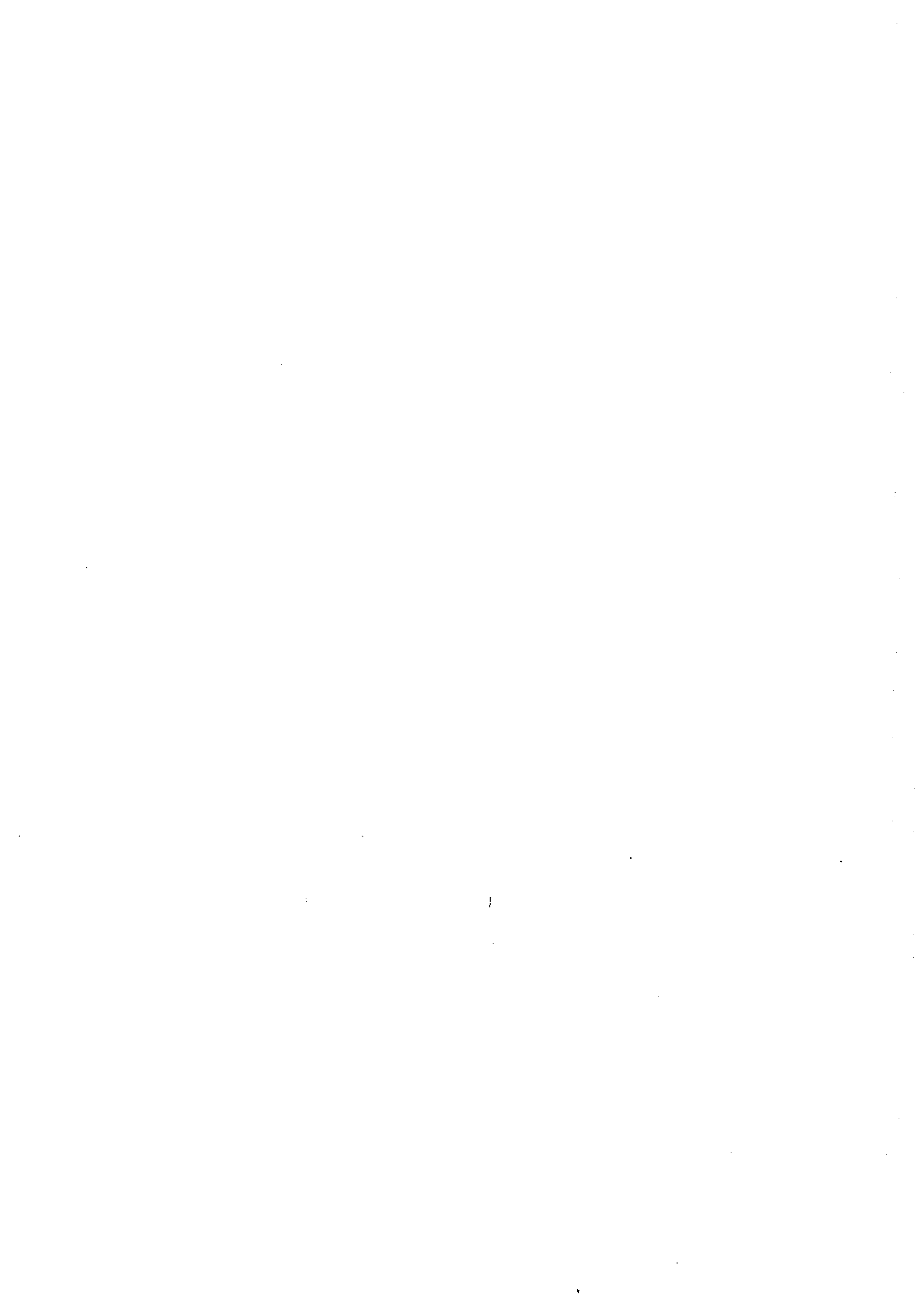
وجد أن معاملة التربة بكميات كبيرة نسبيًا من مهروس ثمار *Melia azedarach* (٣٠ أو ٦٠ جم من مهروس الثمار/كجم تربة) تساوت فى تأثيرها على نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* فى الخيار مع المعاملة بالمبيد fenamiphos (بمعدل ٠,٠٢ جم مادة فعالة/كجم تربة)، علمًا بأن المعاملة الحيوية خفضت نشاط كل من الكاتاليز والبيروكسيديز فى النبات؛ وبذا فإن المعاملة كان لها تأثير مباشر كمبيد نيماتودى، وآخر غير مباشر من خلال مساعدة العائل محاربة الإصابة بالنيماتودا (Cavoski وآخرون ٢٠١٢).

كما انخفضت جوهريًّا إصابة الكنتالوب بنيماتودا تعقد الجذور بإضافة أى من سبلة الدواجن للتربة بمعدل ٣ طن/هكتار (١,٣ طن/فدان) منفردة أو مع الفطر *Paceilomyces lilacins* بمعدل ٤ كجم/هكتار (١,٩ كجم/فدان)، أو بإضافة التفل الناتج من عصر الزيتون بمعدل ٢٢ طن/ هكتار (٩,٢ طن /فدان)، إلاّ أنه لم تكن لإضافة الفطر تأثيرات جوهرية فى هذا الشأن. وقد تمثلت مكافحة النيماتودا فى صورة انخفاض جوهرى فى دليل التثألل، وكثافة تواجد النيماتودا بالتربة، ومعدل تكاثرها فى كل المعاملات، إلا أن محصول الكنتالوب ازداد جوهريًّا عندما أضيفت سبلة الدواجن منفردة أو أضيف معها الفطر (Abdeldaym وآخرون ٢٠١٤).

خنافس الخيار

المكافحة بأغطية التربة

كانت أعداد خنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittata* أكثر بمقدار ٦ أضعاف على نباتات الخيار فى وجود الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة عما كانت عليه الأعداد فى حالة وجود شرائط ألومنيومية على البلاستيك الأسود، التى عملت على تنفير وابتعاد الخنفساء عن النباتات. ومع الكوسة كانت أعداد كلاً من خنفساء الخيار المخططة وخنفساء الخيار المبقعة *Diabrotica undecimpunctata howardi* أعلى جوهريًّا فى وجود الغطاء البلاستيكى الأسود عما كان عليه الحال فى وجود غطاء بلاستيكى مغطى بالألومنيوم (٤,٩، و ٥,٥ ضعف، على التوالى)؛ وعما كان عليه الحال فى وجود شرائط ألومنيومية على الغطاء البلاستيكى الأسود (٢,٢، و ٢,٦ ضعف، على التوالى). وعندما اعتبر الحد الحرج لمستوى الإصابة الحشرية ١٥ خنفساء/كارت لاصق لزج، لم تكن هناك حاجة للرش بالمبيدات الحشرية فى وجود الغطاء البلاستيكى المغطى بالألومنيوم، بينما احتاج الأمر إلى ١,٨ رشة فى وجود الغطاء البلاستيكى الأسود، و٠,٨ رشة فى وجود الشرائط الألومنيومية على الغطاء البلاستيكى الأسود (Caldwell & Clarke ١٩٩٩).



الفصل الثالث عشر

البصـــل

العفن الأبيض

المكافحة بوسائل زراعية

إن من وسائل المكافحة المتكاملة لمرض العفن الأبيض فى البصل، ما يلى:

١-التخلص من بقايا المحصول السابق بكمرها جيدًا حتى ترتفع حرارتها إلى أكثر من ٣٥°م.

٢-تبوير الأرض صيفًا لأن الحرارة العالية تقضى على الأجسام الحجرية للفطر.

٣-تجنب الزراعة فى الأراضى الغدقة الرديئة الصرف.

٤-استخدام شتلات، وبصيلات، وأبصال سليمة فى الزراعة.

٥-تجنب الزراعات الشتوية فى الأراضى الملوثة بالفطر.

٦-الزراعة بالبصيلات، التى تؤدى إلى تبكير الحصاد بنحو شهرين، وبالتالى تجنب الظروف البيئية التى تساعد على زيادة شدة الإصابة بالمرض.

٧-زراعة الأصناف المبكرة التى يمكن حصادها فى منتصف ديسمبر بدلاً من تلك التى يتأخر حصادها إلى شهر فبراير؛ وبذا يمكن تجنب الإصابات الشديدة. ومن أمثلة الأصناف المبكرة الصنف إكستر إيرلى يلو برمودا Extra Early Yellow Bremuda، والذى انخفضت فيه نسبة الإصابة إلى ٢٪ فقط، مقارنة بنسبة إصابة بلغت ٢٥٪-٣٤٪ فى الصنف جيزة ٦ (عن Entwistle ١٩٩٠).

٨- إزالة النباتات المصابة من الحقل، وكذلك النباتات المجاورة لها، عندما تكون الإصابة قليلة.

المكافحة بتشميس التربة

يقضى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى solarization على ٩٦٪ – على الأقل – من الأجسام الحجرية للفطر حتى عمق ٢٥ سم (حيث يصل متوسط درجة الحرارة القصوى إلى ٣٨°م) بينما تقضى على جميع الأجسام الحجرية للفطر حتى عمق ١٥ سم (حيث تبلغ الحرارة أعلى من ذلك).

وفى محافظة سوهاج بمصر قضى تشميس التربة على نحو ٥٠٪–٦٧٪ من الأجسام الحجرية للفطر (عن Entwistle ١٩٩٠).

ولقد أدت معاملة فصوص الثوم (التقاوى) قبل زراعتها بالتيبوكونازل tebuconzole (بتركيز ١ مل من Folicur ٢٥٪/لتر) إلى إحداث خفض جوهرى فى معدل تقدم مرض العفن الأبيض والإصابة النهائية بالفطر المرض *Sclerotium cepivorum*، وتحسين المحصول. وعلى الرغم من أن تشميس التربة حققت أفضل مكافحة للعفن الأبيض وقللت عشيرة الفطر إلى مستوى شديد الانخفاض، وكان لها أفضل تأثير على محصول الثوم، فإن رش المبيد عند قواعد سيقان النباتات التى زُرعت بفصوص سبقت معاملتها – كذلك – بالمبيد حقق نتائج مماثلة. ولقد استمرت المكافحة الجيدة للمرض عند زراعة الثوم مرة ثانية فى نفس الأرض التى سبق تشميسها فى الموسم السابق. وبالمقارنة.. فإن المعاملة بأى من فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، والبكتيريا *Bacillus subtilis* كان تأثيرها فى مكافحة المرض محدودًا (Melero-Vara وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة الحيوية

يوصى فى مصر بمعاملة الشتلات قبل زراعتها بأحد المستحضرات الحيوية التالية:

أ- فطر بنسيليوم جانسيليوم (يحتوى على ٥ × ١٠^١٠ جرثومة/مل (سم^٣) من المعلق) بمعدل ٤٠ لترًا/ فدان.

ب- بلانت جارد (يحتوى على ٣ × ١٠^٧ جرثومة/ مل) بمعدل ٣ لترات/ ٥٠ لتر ماء/ فدان.

ج- برموت مسحوق (يحتوى على ٥ × ١٠^٣ جرثومة/ جم) بمعدل ٣ كجم/ ٥٠ لتر ماء/ فدان.

تغمس الشتلات فى معلق جراثيم الفطر قبل الزراعة مباشرة والرى، مع مراعاة عدم تعريض الشتلات للشمس بعد معاملتها (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى - جمهورية مصر العربية ١٩٩٧).

ولقد وجد أن الفطر *Coniothyrium minitans* يتطفل على الفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل. وتؤدى معاملة البذور أو التربة بغبار الجراثيم البكنيدية للفطر المتطفل إلى حماية نباتات البصل من الإصابة بالعفن الأبيض فى تربة ملوثة بالفطر *S. cepivorum*، مثلما كان تأثير معاملة البذور بالمبيد الفطرى كالوميل calomel على المرض، إلاّ أن تلك المعاملة الأخيرة أثرت سلبًا على النمو النباتى. ولذا.. فقد أوصى باستخدام غبار الجراثيم البكنيدية فى مكافحة العفن الأبيض فى البصل، وهو الأكثر أمانًا والأقل تكلفة (Ahmed & Tribe ١٩٧٧).

وأظهر الفطر *Gliocladium roseum* قدرة على مكافحة الفطر المسبب للعفن الأبيض، كما أظهر تحملاً للمبيدات الفطرية iprodione، و vinclozolin، و procymidone؛ مما يجعله مناسبًا عند الحاجة إلى استخدام جرعات منخفضة من تلك المبيدات مع المعاملة بالفطر (Harrison & Stewart ١٩٨٨).

وأمكن - فى مصر - مكافحة المرض بنسبة بلغت ٨٠٪ باستعمال فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، ولكن المكافحة بهذه الطريقة كانت أقل كفاءة عندما أجريت المعاملة بالميكوريزا فى الجو البارد وعندما أجرى الرى أكثر من مرة واحدة (عن Entwistle ١٩٩٠).

وتمكن Kay & Stewart (١٩٩٤) من مقاومة مرض العفن الأبيض حيويًا بمعاملة التربة بأى من الفطريات *Chaetomium globosum*، أو *Trichoderma viride*، أو *T. harzianum*، حيث بلغ معدل المقاومة حوالى ٧٠٪ من معاملة الكنترول، وكانت

مماثلة تقريبًا للمقاومة بمعاملة البذور بمبيد بروميسيميدون procymidone بمعدل ٠,٥ جم مادة فعالة لكل ١٠٠ جم من البذور. وقد أضيفت الفطريات إلى تربة الزراعة (الموجودة فى صناديق) على صورة مخلوط من: الرمل ونخالة القمح والبيئة المزروع فيها الفطر (المضروبة بالخلاط) بنسبة ١ : ١ : ٢، وذلك بمعدل ١,٠٪ من النخالة/ جم من التربة الجافة. أما إضافة الفطريات على صورة غطاء للبذور Seed Coatings، أو على صورة أقراص ألجينية alginate pellets فإنها كانت أقل كفاءة فى مكافحة المرض.

كذلك أدت عدوى نباتات البصل بفطر الميكوريزا *Glomus* sp. (عزلة Zac-19) إلى توفير حماية جوهرية للنباتات من الإصابة بالعفن الأبيض لمدة ١١ أسبوعًا بعد الشتل. وحتى فى غياب الفطر المسبب للمرض.. أدت العدوى بالميكوريزا إلى زيادة محصول البصل بنسبة ٢٢٪ (Torres-Barragán وآخرون ١٩٩٦).

كذلك تأكدت التضادية الحيوية لخمسة فطريات على الفطر *Sclerotium cepivorum*، وهى:

Chaetomium globosum

Coniothyrium minitans

Trichoderma harzianum (C52 & D73)

T. koningii (C62).

T. virens (GV4).

وكانت المكافحة التى وفرتها المعاملة بتلك الفطريات مماثلة لتلك التى أحدثتها معاملة البذور بالمبيد الفطرى بروسيميدون procymidone (بمعدل ١ جم مادة فعالة/ ١٠٠ جم بذرة)، وذلك عندما أضيفت الفطريات إلى التربة وقت الزراعة فى صورة مخلوط من الرمل والنخالة والفطر بنسبة ١ : ١ : ٢. ولقد أدت المعاملة بالسلالة C52 من *T. harzianum*، و C62 من *T. koningii* خفضًا جوهريًّا لنسبة حدوث الإصابة من ٣٩,٨٪ فى معاملة الكنترول إلى ٧,٧٪، و٥,٤٪، على التوالى. هذا.. إلاّ أن مكافحة

فطر العفن الأبيض تناقصت بمرور الوقت إلى أن وصلت الإصابة إلى أكثر من ٩٥٪ فى كل المعاملات مع نهاية وقت التجربة (McLean & Stewart ٢٠٠٠).

وأدت المعاملة بالميكوريزا *Glomus* sp. (السلالة: Zac-19) إلى تأخير الوصول إلى الحالة الوبائية للإصابة بالعفن الأبيض (الذى يسببه الفطر *Sclerotium cepivorum*) فى البصل — تحت ظروف الحقل — بنحو أسبوعين، ووفرت حماية جوهرية ضد الإصابة بالمرض لمدة ١١ أسبوعًا بعد الشتل، مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول التى لم تُعامل بالميكوريزا. وقد أظهرت معاملة الميكوريزا زيادة مقدارها ٢٢٪ فى محصول البصل بغض النظر عن تواجد فطر العفن الأبيض من عدمه (Torres–Barragán وآخرون ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى أدت معاملة البصل بالميكوريزا *Glomus intraradices* إلى تقليل إصابته بالعفن الأبيض بنسبة ٥٠٪، مقارنة بالإصابة فى معاملة الكنترول، وكان ذلك التأثير مماثل لتأثير المعاملة بالمبيد Folicur 3.6F. وقد وُجد ارتباط جوهرى سالب بين الإصابة بالمرض واستعمار الميكوريزا للجذور (Jaime وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أدى غمس شتلات البصل فى محلول من السابونين Saponin بتركيز جرام واحد لكل ١٠٠ مل (سم٣) من الماء لمدة خمس دقائق إلى خفض معدل الإصابة بالعفن الأبيض. كذلك أحدث خلط بقايا جذور البرسيم الحجازى بالتربة الملوثة بالفطر المسبب لمرض العفن الأبيض نتائج مماثلة. وكانت معدلات المكافحة مماثلة لتلك التى حُصل عليها من المكافحة بالسوميسيلكس والبنليت. هذا مع العلم بأن السابونين مركب مضاد للميكروبات يتواجد طبيعيًا فى عديد من محاصيل المراعى البقولية، ويستخلص — تجاريًا — من البرسيم الحجازى (Omar وآخرون ١٩٩٦).

كذلك أظهر السابونين saponin المُصَنَّع (synthetic) قدر عالٍ من الكفاءة (٥٩,٢٪) فى خفض إصابة البصل بالعفن الأبيض، وأعطى محصول عالٍ للفدان، مقارنة بالمعاملة بالمبيد الفطرى Folicur وبفطر الميكوريزا *T. harzianum*، لكن بقيت المعاملة بالمبيد

الفطرى هى الأعلى فى خفض الإصابة (٨٧,٦٪)، وفى محصول الفدان (Abdel-Momen وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة بمخلفات البصل المكمور

دُرس احتمال مكافحة الفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل بإضافة المخلفات المكمورة للبصل إلى التربة؛ حيث يؤدى كمر المخلفات إلى قتل ما قد يوجد فيها من أجسام حجرية، بينما تؤدى إضافتها للتربة إلى تحفير إنبات الأجسام الحجرية التى توجد فى التربة؛ وبذا.. يتم التخلص منها وقد وجد أن كمر مخلوط ١٠ : ١ (وزن/ وزن) من مخلفات البصل الطازجة التى تحتوى على ٨٠٪ رطوبة والمخلفات الجافة ثم كمره لمدة ٣ أيام على ٤٨–٦٠°م أدى إلى قتل الأجسام الحجرية التى لُوِّث بها المخلوط قبل كمره. وتبين بالكروماتوجرافى الغازى احتواء المخلوط قبل وبعد كمره لمدة ٣ أو ٧ أيام على ٤٢ أو ٥٤°م على المركب di-n-propyldisulphide (اختصارًا: DPDS) المحفز لإنبات الأجسام الحجرية للفطر. ولقد وجد أن المخلفات المكمورة كانت أقوى تأثيرًا فى قتل الأجسام الحجرية عن المخلفات الطازجة. ويستفاد من ذلك أهمية استخدام مخلفات البصل التى يستوجب التخلص منها فى محطات تصنيع ومحطات تجهيز وتعبئة البصل — وذلك بعد كمرها– فى مكافحة فطر العفن الأبيض فى حقول البصل (Coventry وآخرون ٢٠٠٢).

المكافحة بمستحثات إنبات الأجسام الحجرية

لا تنبت الأجسام الحجرية للفطر *S. cepivorum* إلاّ فى وجود منبهات متطايرة من الـ sulfides والـ thioles.

وبينما خفضت معاملة التربة بمسحوق الثوم أعداد الأجسام الحجرية للفطر، فإن الإصابة بالعفن الأبيض لم تتأثر جوهريًّا، بينما أحدثت المعاملة بالداى أليل داى سلفيد diallyl disulfide (اختصارًا: DADS) خفضًا كبيرًا فى كل من أعداد الأجسام الحجرية فى التربة ومعدل الإصابة بالمرض.

وقد حققت معاملة التربة بالمبيد Folicur (وهو tebuconazole) وقت زراعة البذور درجة من المكافحة لمرض العفن الأبيض فى البصل، كما أدت إضافة محفز إنبات الأجسام الحجرية diallyl disulphide (اختصارًا: DADS) إلى خفض أعداد الأجسام الحجرية فى التربة وتقليل مستوى الإصابة بالمرض بنحو ٤٥٪. هذا.. بينما أدت المعاملة المشتركة بالـ Folicur والـ DADS إلى إنتاج محصول مقبول من البصل؛ بخفض الإصابة من ٧٥٪ إلى ١١٪ وزيادة المحصول من ١٥ طن/ هكتار إلى ٤٤ طن (من ٦,٣ طن/ فدان إلى ١٨,٥ طن)، بالمقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول (Dennis ٢٠٠١).

العفن الاسكليروشى

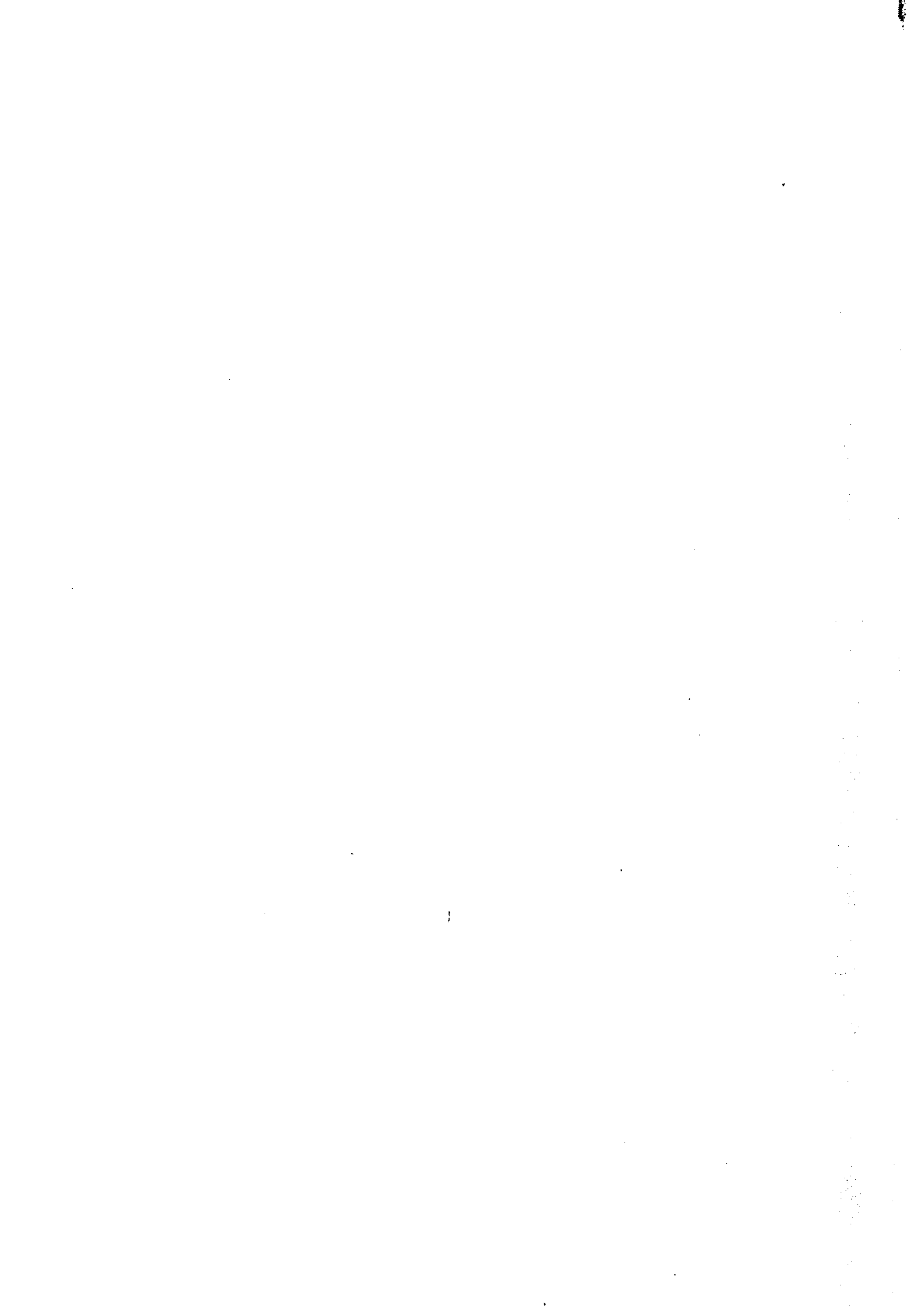
المكافحة بالميكوريزا

أدى تلقيح البصل بالميكوريزا *Trichoderma asperellum* إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Sclerotium rolfsii*. كذلك أدى التلقيح بالميكوريزا والفطر المرض معًا إلى زيادة نشاط الإنزيمات: glucanase، و chitinase، و peroxidase فى كل من أبصال، وجذور ثلاثة أصناف من البصل، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول، إلاّ أن درجة الاستجابة تباينت بين الأصناف، وكان أكثرها استجابة الصنف Red Satan (Guzmán-Valle وآخرون ٢٠١٤).

العفن القاعدى

المكافحة بالميكوريزا

تؤدى معاملة بذور البصل بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى خفض إصابة البصل بفطر العفن القاعدى الفيوزارى *F. oxysporum* f. sp. *cepae* بإفراز الميكوريزا لمركبات مضادة للفطر المرض (Coskuntuna & Ozer ٢٠٠٨).



الفصل الرابع عشر

محاصيل الخضر الرئيسية الأخرى

البسلة

الذبول الفيوزارى

المكافحة الحيوية

أحدثت معاملة البسلة بكل من الـ *Trichoderma* والـ *Pseudomonas* خفضًا فى إصابة البسلة بذبول فيرتسيليم تحت ظروف الصوبة، مقارنة بخفض قدره ٨٣٪ عندما كانت المعاملة بالكاربندزيم carbendazim (Sharma ٢٠١١).

البياض الدقيقى

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أمكن خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى البسلة بأى من التحضيرين أجوين ajoene وهو مستخلص من الثوم، ونيمازال neemazal وهو مستخلص من النيم *Azadirachta indica*. وقد تراوحت التركيزات المستعملة بين ١٠٠–٧٥٠، و ٥٠–٢٥٠ جزء فى المليون للمركبين على التوالى (Prithiviraj وآخرون ١٩٩٨).

المكافحة بحامض السلسيلك

أحدثت معاملة البسلة بحامض السلسليك salicylic acid — رشًّا على الأوراق بتركيز ١,٥ مللى مولار — أحدثت مقاومة جهازية ضد فطر البياض الدقيقى دامت ١٣ يومًا بعد المعاملة، وظهرت على كل من الأوراق الأعلى والأوراق الأدنى من الأوراق التى عُوملت، علمًا بأن هذا التركيز من الحامض لم يُحدث أى ضرر بنباتات البسلة. وأدى قطع الأوراق المعاملة بعد يوم واحد من المعاملة إلى منع ظهور المقاومة الجهازية بصورة تامة (Frey & Carver ١٩٩٨).

المكافحة بالفنيل الانين وحامض الفيروليك

حفَّزت المعاملة المشتركة بكل من الـ L-phenylalanine والـ ferulic acid — جوهريًّا — نشاط الـ phenylalanine ammonia lyase، كما حفزت تراكم الأحماض الفينولية وحامض السلسيلك فى البسلة، وكذلك أدت إلى خفض إنبات الجراثيم الكونيدية لفطر البياض الدقيقى *Erysiphe pisi*. وكان التأثير الفعال لكل من المركبين فى خفض إنبات الجراثيم الكونيدية هو ١٠٠ جزء فى المليون (Singh وآخرون ٢٠١٠).

الصدأ

المكافحة بمستحثات المقاومة

أدت معاملة البسلة بالـ benzothiadiazole (اختصارًا: BTH)، أو بالـ DL-β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) إلى حث المقاومة ضد الفطر *Uromyces pisi* خلال المراحل المبكرة والمتأخرة للإصابة. وقد حدث ذلك بآليات مختلفة للمركبين؛ حيث حَفَّزت المعاملة بالـ BTH نشاط البروتينات ذات العلاقة بالنشاط الباثولوجى المرض pathogenesis-related proteins، مثل: β-1,3-glucanase، و chitinase، و peroxidase فى كل من النباتات المقاومة والقابلة للإصابة، بينما لم تؤثر المعاملة بالـ BABA على نشاط تلك الإنزيمات، ولكنها زادت جوهريًّا من المحتوى الفينولى الكلى للنباتات (Barilli وآخرون ٢٠١٠).

الفاصوليا

أمراض الجذور

المكافحة بالكمبوست ومستخلصاته

تؤدى معاملة الفاصوليا بالكمبوست أو مستخلصات كمبوست من سبلة الدواجن أو النبات *Urtica* sp. إلى تحقيق مكافحة جيدة — تحت ظروف الحقل — لكل من عفن الجذور الرايزكتونى (*Rhizoctonia solani*)، وتبقع الأوراق الزاوى (*Phaeoisariopsis griseole*) (Joshi وآخرون ٢٠٠٩).

المكافحة البيولوجية

أظهر فطر الميكوريزا *Gliocladium virens* تأثيرًا مضادًا لمسببات أمراض الذبول فى الفاصوليا، وهى: *Corticium rolfsii*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. ولقد حدث تثبيط لنمو هيفات تلك الفطريات عند منطقة التلامس مع فطر الميكوريزا، حيث انتفخت وانحنت، واخترقتها هيفات الميكوريزا. وأفرزت الميكوريزا نواتج أيضية متطايرة وغير متطايرة ثبَّطت نمو الفطريات المرضة.

وباختبار ثمانى مبيدات فطرية.. كان المبيد أنتراكول Antracol (وهو propineb) الأكثر كفاءة ضد الفطريات المرضة دون أن يكون مثبطًا للميكوريزا حتى عندما استُعمل بتركيز ٥٠ ميكروجرام/ مل.

وأدت معاملة بذور الفاصوليا بكتلة جراثيم الميكوريزا بتركيز ٠,١٪ مع أى من المبيدات Opus، أو Contaf، أو Antracol (بتركيز ٠,١٪) إلى زيادة إنبات البذور، والنمو الخضرى، وقوة النمو، وعدد الأوراق/ نبات، كما خفضت جوهريًا من معدل الإصابة بالذبول (Mukherjee & Tripathi ٢٠٠٠).

وأفاد استخدام أيًا من فطرى الميكوريزا *Glomus mosseae*، أو *G. fasciculatum* فى المكافحة الحيوية للفطر *Sclerotinia sclerotiorum* فى الفاصوليا (Aysan & Demir ٢٠٠٩).

ويُكافح مرض عفن الجذور الرايزكتونى فى الفاصوليا — الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*– بيولوجيًا بالبكتيريا *Pseudomonas* CMR12a، وهى التى تُنتج الـ phenazine والـ cyclic lipopeptides المؤثرة فى عملية المكافحة (D'aes وآخرون ٢٠١١).

الصدأ

المكافحة بالفطر *V. lecanii*

كان الفطر *Verticillium lecanii* أكثر كفاءة فى مكافحة صدأ الفاصوليا الذى يسببه الفطر *Uromyces appendiculatus* عن المكافحة الكيميائية، فضلاً عن أنه كان أقل تكلفة بحوالى ٢٠٪ (Carrión وآخرون ١٩٩٩).

الأنثراكنوز

المكافحة بالمعاملة بسيليكات البوتاسيوم وموليبدات الصوديوم

أحدثت معاملة رش النموات الخضرية للفاصوليا بخليط من سيليكات البوتاسيوم وموليبدات الصوديوم (بتركيز ٣٥ جم/ لتر، و ٩٠ جم/ هكتار، على التوالى) خفضًا فى إصابة النباتات بالفطر *Colletotrichum lindemthianum* مسبب مرض الأنثراكنوز (Polanco وآخرون ٢٠١٤).

تبقع الأوراق الزاوى

المكافحة بأملاح البوتاسيوم

أفاد رش الفاصوليا بأى من سيليكات البوتاسيوم أو أيدروكسيد البوتاسيوم فى خفض شدة إصابتها بالبكتيريا *Pseudocercopora griseola* — مسببة مرض تبقع الأوراق الزاوى — دون وجود فرق معنوى بين المعاملتين؛ بما يعنى عدم وجود تأثير مباشر لتراكم السيلينيم فى أوراق النباتات على مكافحة المرض (Rodrigues وآخرون ٢٠١٠).

اللوبيا

أعفان الجذور

المكافحة ببعض المركبات الكيميائية

أدى نقع بذور اللوبيا فى محلول ٩٪ سوربات البوتاسيوم Potassium sorbate أو بنزوات الصوديوم، أو فى محاليل ٢٠ مللى مول acetylsalicylic acid مع الرش بمعدل

١,٠ جم/ لتر، و ٧,٥ مللى مول من نفس المركبات إلى إحداث خفض جوهرى فى إصابة الجذور بكل من *F. solani*، و *R. solani* تحت ظروف الصوبة. وكانت أفضل المعاملات تحت ظروف الحقل هى نقع البذور فى محلول ٢٠ مللى مول acetylsalicylic acid ثم الرش بمحلول ٧,٥ مللى مول من نفس المركب؛ حيث انخفضت الإصابة بعفن الجذور بنسبة ٤٠٪، وكذلك معاملات الرش بسوربات البوتاسيوم وبنزوات الصوديوم، التى أحدثت خفضًا مماثلاً – تقريبًا – فى نسبة الإصابة (El-Mougy وآخرون ٢٠٠٤).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

على الرغم من تثبيط النمو الميسيليومى للفطر *Pythium aphanidermatum* فى البيئة الصناعية لدى معاملتها بأى من مستخلصات النباتات: الزنجبيل ginger (وهو: *Zingiber officinale* الذى كان أقوى المستخلصات تأثيرًا)، أو الصبار aloe (وهو *Aloe vera*)، أو الكولا المرة bitter cola (وهى: *Garcinia cola*)، أو النيم (وهو: *Azadirachta indica*)؛ فإن تلك المستخلصات لم يكن لها تأثير يذكر على إصابة اللوبيا بعفن الجذور الذى يسببه الفطر تحت ظروف الحقل (Suleiman & Emua ٢٠٠٩).

الذبول الفيوزارى

المعاملة بالأوزون

أدى تعريض نباتات اللوبيا للأوزون إلى خفض إصابتها بالذبول الفيوزارى (*Fusarium oxysporum*)، وزيادة قوة النمو النباتى، مع تنشيط لإنزيمات الـ β-1,3-glucanase، والـ peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase، وهى إنزيمات ذا علاقة بالدفاع النباتى وحث المقاومة، وذلك مقارنة بما حدث فى كل من نباتات الكنترول التى لم تُعامل بالأوزون، والنباتات التى عوملت بتركيزات أقل أو أعلى من التركيز الذى أحدث تلك التأثيرات (Nagendra- Prasad وآخرون ٢٠٠٩).

أمراض النموات الخضرية

المكافحة بثانى أكسيد التيتانيم

يُعد ثانى أكسيد التِتانيم titanium dioxide (TiO_2) محفز للنمو يلعب دورًا كمضاد حيوى لأمراض اللوبيا فى نيجيريا. وقد أحدثت معاملتان للوبيا بالمركب بمعدل ١٢٥ مل/ هكتار (٥٢,٥ مل/ فدان) فى كل مرة تحسينًا جوهريًّا فى نمو اللوبيا والمحصول، وخفضًا فى أمراض النموات الخضرية والقرون. ولقد تراوحت الزيادة فى المحصول بين ٩٪، و ٥١٪ (Owolade & Ogunleti ٢٠٠٨).

نيماتودا تعقد الجذور

المكافحة البيولوجية

أحدثت معاملة بذور اللوبيا وتربة الزراعة بعدة أنواع من الجنس *Bacillus* خفضًا جوهريًّا فى فقس بيض النيماتودا *M. javanica*، وازداد معدل موت يرقات النيماتودا بمرور الوقت، كما ازداد إنبات البذور والنمو النباتى الخضرى والجذرى بالمعاملة. وقد أظهر النوع البكتيرى *B. subtilis* أقوى تأثير فى تثبيط تكوين العقد الجذرية (Dawar وآخرون ٢٠٠٨).

ثاقبة القرون وخنفساء القرون

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أدى رش نباتات البامية بخليط من مستخلص أوراق النيم مع مستخلص من أى من أوراق حشيشة الليمون أو الكارى الأفريقى African curry أو الطماطم، أو الـ bitter leaf أو خليط من مستخلص أوراق الكافور مع مستخلص أوراق الـ African bush tea .. أدى ذلك إلى إحداث خفض كبير فى أعداد ثاقبة القرون *Maruca vitrata* بالأزهار والقرون، وخنفساء القرون الماصة *Clavigralla tomentosicollis*؛ الأمر الذى قلل بدرجة كبيرة من أضرار القرون، وأدى إلى زيادة محصول البذور، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول (Oparaeke وآخرون ٢٠٠٥).

الفول

سوسة الفول

المكافحة بالزيوت الأساسية

أمكن مكافحة سوسة الفول *Bruchus dentiipes* بالمعاملة بعدد من الزيوت الأساسية التى عُزلت من كل من: *Achilla gypsicola*، و *Satureja hortensis*، و *Origanum acutidens*، و *Hypericum scabrum*، وبخاصة *O. acutidens*، و *S. hortensis* اللذان تميزا بارتفاع محتواهما من: الكارفاكول carvacol (٨٦,٩٩٪، و٥٥,٧٤٪، على التوالى)، والـ gamma-terpinene (٠,٧١٪، و٢٠,٩٤٪، على التوالى)، والـ p-cymene (١,٩٥٪، و ١٢,٣٠٪، على التوالى)، و alpha-terpinene (٠,١٣٪، و٢,٠٤٪، على التوالى)، و β-caryophyllene (١,٣٠٪، و١,٠٨٪، على التوالى). ولقد تسببت كل الزيوت (بجرعة ٢٠ ميكروليتر) فى موت كامل للسوسة فى خلال ٣٦ ساعة، إلاّ أن تلك التى استخلصت من *O. acutidens*، و *S. hortensis* أحدثتا ذلك التأثير فى خلال ٦ ساعات فقط من المعاملة؛ وبذا.. فإنه يمكن استخدامهما كمبيدات نباتية لسوسة الفول (Tozlu وآخرون ٢٠١١).

الخضر الكرنبية (الصليبيات)

الذبول الفيوزارى

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

ثبطت السلالة LRB_3W_1 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* نمو الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* فى البيئة الصناعية، كما ثبطت إصابة النباتات بمرض الإصفرار الذى يسببه الفطر. ولقد وجد فى ظروف الصوبة أن البكتيريا استمر تواجدها بنحو ١٠^٦^– ١٠^٧^ وحدة مكونة للمستعمرات CFU/ جم من تربة المحيط الجذرى لمدة ٤ أسابيع بعد التلقيح بالبكتيريا. وبينما لم يثبط المبيد الفطرى benomyl شدة المرض عندما استخدم بتركيز منخفض (١ أو ١٠ ميكروجرام/ مل)، فإن شدة المرض

انخفضت عندما أجريت معاملة مشتركة بكل من البكتيريا والتركيز المنخفض من المبيد، وهى المعاملة التى أعطت نتائج أفضل من المعاملة بالبكتيريا منفردة، علمًا بأن بقاء البكتيريا لم يتأثر بتواجد المبيد الفطرى (Someya وآخرون ٢٠٠٧).

الجذر الصولجانى

يكافح مرض الجذر الصولجانى club root فى الصليبيات، الذى يسببه الفطر *Plasmodiophora brassicae* باتباع وسائل متعددة كما يأتى بيانه.

المكافحة بزراعة الأصناف المقاومة

تتوفر الأصناف المقاومة فى بعض الأصناف من الكرنب، واللفت، والكيل، وكرنب بروكسل، والقنبيط، والبروكولى، والكرنب الصينى، والفجل، ولكن يعاب على استعمال الأصناف المقاومة أن الفطر يكوّن — بسرعة — سلالات جديدة قادرة على التغلب على حالة المقاومة.

المكافحة بإضافات مخلفات الدواجن للتربة

أفاد استخدام مخلفات الدواجن بمعدل ٣٠٠ جم للنبات (حوالى ٣,٥ طن للفدان) فى خفض شدة الإصابة بالمرض (Velandia وآخرون ١٩٩٨).

المكافحة بالبورون

عُرف منذ أربعينيات القرن العشرين أن توفر البورون ساعد فى تقليل تأثير الصليبيات بالإصابة بالجذر الصولجانى، وقد وجد Dixon (١٩٩٦) أن البورون يمنع التحول من البلازموديم plasmodium إلى الاسبورانجيم sporangium فى الشعيرات الجذرية وفى خلايا البشرة.

المكافحة بمستخلصات الطحالب البحرية

أفادت معاملة التربة بمنشط النمو النباتى العضوى PlasmaSoil المستخلص من الطحالب البحرية فى مكافحة مرض الجذر الصولجانى فى الصليبيات (Kammerich وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة بسيناميد الكالسيوم

تؤدى معاملة التربة بسيناميد الكالسيوم إلى زيادة محصول الكرنب حتى فى الأراضى الموبوءة بشدة بالفطر *P. brassicae*، وذلك لأنه يقلل حيوية جراثيم الفطر الساكنة فى التربة. ويتطلب تحقيق أعلى كفاءة ممكنة من سيناميد الكالسيوم رى التربة ريًا خفيفًا بعد معاملتها بالمركب حتى ترتفع الرطوبة الأرضية فى الهواء الموجود بفراغات التربة، وهو الذى يعمل على إطلاق وإذابة وتوزيع السيناميد cyanamide الذى ينتج عن تحلل سيناميد الكالسيوم، ويعمل على تلامس السنياميد مع أكبر عدد من الجراثيم الساكنة فى التربة. ويتعين الزراعة فى خلال أسبوع واحد إلى أسبوعين بعد المعاملة نظرًا لأن سيناميد الكالسيوم سريع التحلل، وهو يحمى النباتات من الإصابات المبكرة — التى تكون أشدّ تأثيرًا على المحصول — عن الإصابات التالية، وهى التى لا توفر المعاملة بسيناميد الكالسيوم حماية منها (Klasse ١٩٩٦).

المكافحة ببعض مضادات الأوكسينات

أدت معاملة التربة ببعض مضادات الأوكسينات، مثل 2,3,5-triiodobenzoic acid بتركيز ١٠ ميكروجرام/ لتر، والإبوكسيدون epoxydon (وهو مركب مستخلص من الفطر *Phoma glomerata*) بتركيز ٢٥٠ ميكروجرام/ مل.. أدت إلى حماية النباتات من الإصابة بالجذر الصولجانى، ويبدو أن المكافحة تمت من خلال منع تكوين الثآليل الجذرية التى تتطلب كثرة الانقسامات الخلوية، لأن مركب الإبوكسيدون لم يكن له نشاط قوى مضاد للميكروبات، كما لم يستحث فيها أى مقاومة مكتسبة (Arie وآخرون ١٩٩٨).

البياض الزغبى

المكافحة بحامض الفوسفونيك

أدى رش نباتات القنبيط بحامض الفوسفونيك phosphonic acid فى الحقل قبل الحصاد بما لا يزيد عن ثلاثة أسابيع إلى خفض الإصابة بالبياض الزغبى بعد الحصاد.

وأدى الرش مرتان قبل الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع وأسبوع واحد بمعدل ٢,٤ كجم من المادة الفعالة/ هكتار (١,٠ كجم/فدان) إلى خفض إصابة الأقراص بالبياض الزغبى من ٩٢٪ فى الكنترول إلى ٨٪. وقد بلغ الحد الأقصى لمتبقيات الفوسفونيت phosphonate عند الحصاد ١٢ ميكروجراماً/ جرام (١٢ جزء فى المليون). ولم تلاحظ أى تأثيرات لمعاملة حامض الفوسفونيك على مظهر الأقراص أو موعد حصادها، ولكنها قللت المحصول معنويًا بنسبة ٨٪ (McKay وآخرون ١٩٩٢).

كذلك أدى رش بادرات القنبيط بالتحضير التجارى فيتوجارد Phytogard (وهو يحتوى على ٥٨٪ فوسفونات البوتاسيوم K_2HPO_3، و٤٢٪ ماء) قبل أو بعد عدواها بالفطر المسبب للبياض الزغبى إلى توفير حماية كاملة لها (حيث منعت تجرثم الفطر عندما كان التركيز المستخدم ٠,٧٪ أو أعلى من ذلك. وفى النباتات الصغيرة توفرت الحماية الكاملة بتركيز ١,٠٪. وقد استمرت فاعلية المعاملة لمدة ١٥ يومًا فقط؛ مما يعنى أن تأثيرها لم يكن جهازيًّا. ولكن عندما أجريت المعاملة للنباتات — وهى بعمر ٣٠ يومًا — عن طريق التربة فإنها وفرت حماية لجميع الأوراق من الإصابة؛ وربما كان ذلك بسبب صعود المركب — مع الماء الممتص — إلى أعلى النبات (Bécot وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة بمستحثات المقاومة

أدت معاملة بذور الكرنب والكيل بالمركب CGA245704 (يعرف كذلك باسم benzothiadiazole) — وهو منشط للمقاومة الجهازية المكتسبة — إلى حماية البادرات من الإصابة بالفطر *P. parasitica*، علمًا بأن المعاملة أثرت على تجرثم الفطر (Jensen وآخرون ١٩٩٨).

وفى دراسة أجريت على القنبيط أظهرت البادرات والنباتات الصغيرة التى حقنت بالفطر بعد معاملتها بالمركب benzothiadiazole بمدة يوم واحد إلى ثلاثين يومًا مقاومة جهازية ضد الإصابة بالفطر. وقد تأثر النمو النباتى سلبيًّا بالمعاملة وازداد التأثير بزيادة تركيز المركب المستعمل، وعند تركيز ٠,٠٥ مجم من المادة الفعالة/ مل — وهو التركيز

الذى أحدث أكبر قدر من المقاومة الجهازية – كان النقص فى النمو حوالى ٢٢٪ (Godard وآخرون ١٩٩٩).

نيماتودا تعقد الجذور

المكافحة بالترايكودرما

أدت معاملة الكرنب بالترايكودرما *Trichoderma* (باستعمال خليط من ثلاث عزلات هى: Tvc1، و Tvc2، و Tvc3) مع الشيتين chitin إلى مكافحة كل من الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن الرأس head rot، ونيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، وصاحبت تلك المعاملة زيادة فى نشاط أربعة إنزيمات ذى أهمية فى الدفاع النباتى ضد الإصابة بالأمراض، وهى: phenylalanine ammonia-lyase، و peroxidase، polyphenol oxidase، و chitinase (Longanahan وآخرون ٢٠١٠).

الخنفساء البرغوثية

المكافحة بالمثيل جاسمونيت وبمحفزات المقاومة

يُعد الكرنب الصينى المزهر (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*) خُضَرُ ورقى ذو ساق مُزهر، وهو قابل للإصابة بيرقات الخنفساء البرغوثية المخططة *Phyllotreta striolata* أثناء النمو، ولعفن الساق أثناء التخزين . ولقد وجد أن نقع البذور فى محلول مثيل الجاسمونيت بتركيز ١,٠ ميكرومول أو محلول الـ benzothiadiazole (اختصارًا: BTH) بتركيز ٢٤٠ ميكرومول أدى إلى التغلب جوهريًا على ضرر الحشرة، وعلى عفن الساق بعد الحصاد. وقد صاحبت المعاملة زيادة فى نشاط الجينات PDF1.2، و PR1، و WRKY33 ذات الصلة بالمقاومة الحشرية، علمًا بأن الجين PDF1.2 ذو صلة – كذلك – بالمقاومة للأعفان البكتيرية بعد الحصاد (Zhang وآخرون ٢٠١٣).

الخس

سقوط الخس (الاسكليروتينيا)

المكافحة الحيوية

يُظهر فطرا الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، و *T. viride* نشاطًا مضادًّا للفطر *Sclerotinia* spp. فى الاختبارات المعملية. كما وُجد أن معاملة التربة — فى الزراعات المحمية — بالسلالة C52 من *T. harzianum* قللت جوهريًّا إصابة الخس بالفطر *Sclerotinia minor*؛ حيث كانت الإصابة ٥٠٪ من الإصابة فى معاملة الكنترول، وقريبة من الإصابة عندما أجريت المعاملة بالمبيد الفطرى القياسى كاربندازيم carbendazim، والتى كانت ٥٧٪ من الإصابة فى معاملة الكنترول. وفى مزيد من التجارب بلغت نسبة مكافحة المرض ٥٥٪–٧٨٪ أيًّا كانت طريقة المعاملة بفطر الميكوريزا، وهى التى كانت بالخلط مع التربة، وباستعماله على صورة حبَّات pellets، وبغمس جذور الشتلات فى معلق من جراثيمه، وذلك دون وجود فروق معنوية بين المعاملات الثلاث، أو بينها وبين المعاملة بالكاربندازيم (Jones & Stewart ١٩٩٧).

كما أظهر التحضير التجارى contans لفطر المكافحة الحيوية *Coniothyrium minitans* فاعلية فى مكافحة الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* — مسبب مرض سقوط الخس، ولكنه لم يؤثر على الفطر *S. minor* المسبب — كذلك — لنفس المرض، كما لم يكن لأى من التحضيرات التجارية المستخدمة للفطرين *Trichoderma harzianum* (التحضيران: Plant Shield، و Supersivit)، و *Gliocladium virens* (التحضير: Soilgard)، وللبكتيريا *Bacillus subtilis* (التحضير: Companion).. لم يكن لها أى تأثير على أى من الفطرين المرضين (Chitrampalam وآخرون ٢٠٠٨).

البياض الزغبى

المكافحة بمستحثات المقاومة

تؤدى معاملة الخس بالـ DL-3-amino-butyric acid (اختصارًا: BABA) إلى حمايته من الإصابة بالفطر *Bremia lactucae* — مسبب مرض البياض الزغبى — بترسيب

الكالوز فى التراكيب الفطرية الأولية التى تصيب العائل. أما المعاملة بالـ BABA عن طريق الأوراق أو الجذور — بعد حدوث الإصابة — حتى فى المراحل المتقدمة من تطور المرض — فإنها تحد من الإصابة. وتظهر المقاومة المستحثة فى صورة عديد من الاستجابات مثل فرط الحساسية فى خلايا البشرة (إذا أُجريت المعاملة بعد يوم من بدء الإصابة)، وترسيب الكالوز بكثرة فى الممصات الفطرية الأولية (إذا أُجريت المعاملة بعد يومين من بدء الإصابة)، وتحفيز تراكم فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 فى ميسيليوم الفطر وتغير لونه إلى الأحمر (إذا أُجريت المعاملة بعد ٣–٤ أيام من بدء الإصابة). وفى كل الحالات يفشل الفطر فى التجرثم (Cohen وآخرون ٢٠١١).

النقط البكتيرية

المكافحة بمستحثات المقاومة

توفر المعاملة بالمنتج التجارى Bion 50 (وهو: Acibenzolar-S-methyl؛ اختصارًا: ASM) حماية للخس من الإصابة بمرض النقط البكتيرية الذى تسببه البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *vitians*، حيث كانت فعالة فى خفض شدة المرض ونمو البكتيريا، مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول ومعاملة الرش بأيدروكسيد النحاس. وتبين أن معاملة الـ ASM للنباتات الملقحة بالبكتيريا تستحث زيادة فى نشاط الإنزيمات ذات العلاقة بالدفاع ضد الأمراض، مثل الشيتينيز chitinase (Yigit ٢٠١١).

الخرشوف

عفن البذور

المكافحة بالشيتوسان

أحدثت معاملة بذور الخرشوف بشيتوسان ذى وزن جزيئى منخفض زيادة جوهرية فى نسبة الإنبات وفى نمو البادرات، كما وفرت حماية للبذور من الإصابة بالفطريات المسببة للأعفان بتقليل تلوثها بها (Ziani وآخرون ٢٠١٠).

العفن الأبيض

المكافحة بمستحثات المقاومة

استحثت معاملة سقى التربة بمحلول من المركب β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) مستوى عالٍ من المقاومة ضد الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* — مسبب مرض العفن الأبيض — فى بادرات صنفين من الخرشوف، مع إحداث زيادة ثابتة فى نشاط إنزيم البيروكسيديز (Marcucci وآخرون ٢٠١٠).

الفراولة

البياض الدقيقى

المكافحة الحيوية

يستعمل الفطر *Ampelomyces quisqualis* فى المكافحة الحيوية للبياض الدقيقى. وهو فطر متطفل على الفطر المسبب للبياض الدقيقى، وتتوفر منه تحضيرات تجارية. مثل: أسباير Aspire، و AQ-10.

كما أدت المعاملة بالعزلة BS061 من البكتيريا *Bacillus* sp. — التى حُصِلَ عليها من ورقة نباتية — إلى إحداث خفض جوهرى فى إصابة الخيار والفراولة بالبياض الدقيقى، وإلى تثبيط نمو غزل الفطر *Botrytis cinerea*، كما أحدث راشح مزرعة هذه العزلة تأثيرًا مماثلاً فى تثبيط نمو غزل مختلف الفطريات (Kim وآخرون ٢٠١٣).

المكافحة بالأحماض الأمينية

يحقق الرش الأسبوعى للفراولة بمخلوط المثيونين مع الريبوفلافين methionine-riboflavin mixture — فى وجود الضوء — كفاءة فى مكافحة البياض الدقيقى تماثل كفاءة الرش بالمبيدات المستعملة فى مكافحة المرض. ويتكون هذا المخلوط من الريبوفلافين بتركيز ٢٦,٦٢ ميكرومولار، والـ دى إل مثيونين بتركيز ١ مللى مولار، وكبريتات النحاس بتركيز ١ مللى مولار، وأى من المواد الناشرة: sodium dodecyl sulfate بتركيز ١٠٠٠

ميكروجرام/ مل، أو توين ٢٠ Tween 20، أو ترايتون إكس ١٠٠ Triton X-100. ومن أهم مزايا هذا المخلوط احتوائه على مكونات غذائية قابلة للتحلل البيولوجي.

يؤدى استعمال هذا المخلوط فى الضوء إلى إنتاج عدد من المركبات النشطة فى الأكسدة يكون لها تأثير قاتل على مدى واسع من الكائنات الدقيقة (Tzeng وآخرون ١٩٩٦، و Wang & Tzeng ١٩٩٨).

العفن الرمادى

المكافحة بالزيوت النباتية

أظهر زيت الزعتر (*Thymus vulgaris*) فاعلية كبيرة ضد الفطر *Botrytis* sp. فى البيئة الصناعية، بينما أظهر زيت الكمون (*Cuminum cyminum*) تثبيطًا للفطر عندما استخدم بتركيز أعلى. وكان التركيز المؤثر لزيت الزعتر على الإصابة بالفطر فى الثمار هو ٢٠٠ ميكروليتر/لتر (٩٢٪ تثبيط للفطر)؛ هذا بينما تطلب الأمر تركيزًا أعلى من زيت الكمون لإحداث تثبيط للفطر فى الثمار. وأدى الجمع بين زيت الزعتر وزيت الكمون إلى تثبيط كامل للفطر فى البيئة الصناعية. كذلك أدى الجمع بين السلالة A7 من البكتيريا *Lactobacillus plantarum* وأى من زيت الزعتر أو زيت الكمون إلى تثبيط تام لنمو الغزل الفطرى فى البيئة الصناعية. وتحسَّنت مكافحة الفطر كثيرًا فى ثمار الفراولة بالمعاملة بالبكتيريا مع ٥٠ ميكروليتر/ لتر من زيت الكمون أو البكتيريا مع ١٠٠ ميكروليتر/ لتر من زيت الزعتر، وذلك مقارنة باستعمال البكتيريا منفردة أو أى من الزيتين منفردًا. هذا.. وقد تحسَّنت جودة ثمار الفراولة (من حيث الـ pH والحموضة ومحتوى حامض الأسكوربيك) عندما كانت المعاملة بزيت الكمون مع البكتيريا بدرجة أكبر عما كان الحال عندما كانت المعاملة بزيت الزعتر مع البكتيريا (Zamani-Zadeh وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة الحيوية

أمكن مكافحة الفطر *B. cinerea* فى الفراولة بالمعاملة بالفطر *Paenibacillus polymyxa* (Helbig ٢٠٠١).

القلب الأحمر وعفن التاج

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أحدثت ثلاث سلالات من بكتيريا المحيط الجذرى، هى: السلالة G-584 من *Raoultella terrigena*، والسلالة G-V1 من *Bacillus amyloliquefaciens*، والسلالة 2R1-7 من *Pseudomonas fluorescens* تثبيطًا للغزل الفطرى لكل من الفطرين: *Phytophthora fragaria* var. *fragaria*، و *P. cactorum* مسببًا مرض القلب الأحمر وعفن التاج – على التوالى – فى الفراولة. كذلك أفادت المعاملة بأى من السلالات البكتيرية الثلاث مكافحة للفطرين فى ظروف البيوت المحمية بلغت ٥٩٪ وتساوت مع المكافحة باستعمال المبيد Aliette. أما تحت ظروف الحقل فقد تباين تأثير الأنواع البكتيرية فى مكافحة المرضين، وإن كانت قد خفضت – جوهريًّا – من الإصابة المرضية بكليهما، ولو بدرجات أقل مما حدث تحت ظروف الزراعة المحمية، حيث تراوحت بين ٣٧٪، و ٤٥٪ لأفضل المعاملات (Anandhakumar & Zeller ٢٠٠٨).

الجزر

فطريات الألترناريا والبوتريتس

المكافحة بالمعاملات الفيزيائية للبذور

وجد عند معاملة بذور الجزر بعدد من الطرق الفيزيائية لمكافحة الفطرين *Alternaria dauci*، و *A. radicina*، ما يلى:

١– لم تكن مكافحة أى من الفطرين بمستحثات المقاومة الطبيعية فعالة.

٢– كذلك لم تكن المعاملة مُرضية بمعظم تحضيرات الكائنات الدقيقة، وحُصِلَ على أفضل نتائج لمعاملات الكائنات الدقيقة بالسلالة MF 416 من البكتيريا *Psudomonas* sp.، والسلالة IK 726 من *Clonostachys rosea*.

٣– حُصل على مستوى مماثل من المقاومة بمعاملة البذور بمستحلب من زيت الزعتر فى الماء بتركيز ١٪.

٤- أعطت المعاملة بأى من البخار المهوى aerated steam أو الماء الساخن أو الإليكترونات (electron treatment) نتائج جيدة، وكانت معاملة البخار المهوى هى الأفضل (Koch وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة بمستحثات المقاومة

أدت معاملة الجزر بأى من حامض السلسيلك بتركيز ١٠٠ ميكرومول، أو الشيتوسان بتركيز ٠,٠٢٪ أو بالمنتج المغذى المخلبى أليكسين Alexin بتركيز ١٪، ثم تلقيح النباتات بعد ذلك بعشر ساعات بالفطر *Alternaria radicina*، أو *Botrytis cinerea* إلى خفض شدة الإصابة بهما بعد ١٠ أيام من العدوى، وذلك مقارنة بالإصابة فى معاملة الكنترول. وكانت أفضل المعاملات هى معاملة الشيتوسان، وتلتها معاملة الألكسين، ثم معاملة حامض السلسيلك. وأدى مزيد من الرش بتلك المستحثات إلى إحداث خفض جوهرى فى الإصابات المرضية بعد ٢٥ يومًا من العدوى. وقد أظهرت النباتات المعاملة نشاطًا عاليًا فى كل من: الـ chaclone synthase، والـ Peroxidase، والـ polyphenoloxidase، و phenylalanine ammonia-lyase، والـ chitinase؛ والـ β-1,3-glucanase، والـ lipoxygenase والفينولات الكلية، كما أظهر الفحص الميكرسكوبى للنباتات المعاملة ضعفًا فى النمو الفطرى وفى استعماره للنباتات، أى إن المعاملات استحثت مقاومة كانت متماثلة بينها؛ بما يعنى أنها ربما تكون قد نشطت المسار البنائى لحامض السلسيلك (Jayaraj وآخرون ٢٠٠٩).

عفن الجذور (اسكليروتينيا)

المكافحة بالشيتوسان وحامض السلسيلك

أدت المعاملة بأى من الشيتوسانات chitosans أو الـ acetyl salicylic acid إلى تقليل شدة إصابة الجزر أثناء التخزين بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب عفن الجذور، وازداد تثبيط نمو الغزل الفطرى بزيادة الوزن الجزيئى للشيتوسانات. وأدت المعاملة — كذلك — إلى زيادة نشاط الإنزيمات: phenylalanine ammonia

layse، والـ polyphenoloxidase، والـ peroxidase فى الجذور المعاملة (Ojaghian وآخرون ٢٠١٣).

السبانخ

الذبول الفيوزارى

المكافحة الحيوية

وجد من بين ٦٦٣ عزلة من البكتيريا والفطريات من جذور السبانخ أن أربع عزلات بكتيرية منها قللت من إصابة السبانخ بالفطر *spinaciae* f. sp. *F. oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، وأحدثت عزلة منها، هى SM10 — التى تبين أنها سلالة من البكتيريا *Enterobacter cloacae* — خفضًا جوهريًّا فى الإصابة بالمرض. ولقد أمكن ملاحظة تواجد هذه البكتيريا فى أوعية الخشب بجذور السبانخ؛ بما يعنى أنها endophytic بالسبانخ (Tsuda وآخرون ٢٠٠١).

الفصل الخامس عشر

الزراعات المحمية الأرضية واللاأرضية

تتعدد وسائل مكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات المحمية، وقد تناولنا هذا الموضوع بالتفصيل فى كتاب "أصول الزراعة المحمية" (حسن ٢٠١٢)، الذى يمكن الرجوع إليه لتلك التفاصيل، وتقصر مناقشتنا فى هذا الفصل على جوانب بدائل المبيدات التى يمكن الاستفادة منها فى كل من الزراعات الأرضية واللاأرضية.

التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من الأغطية البلاستيكية

يمكن عن طريق الغطاء البلاستيكى للبيوت المحمية التحكم فى أطوال الموجات الضوئية التى يُسمح بنفاذها؛ الأمر الذى يمكن أن يؤثر فى نمو وتجرثم عديد من الفطريات المرضة للنباتات. فمن المعروف منذ ستينيات القرن العشرين أن الأشعة فوق البنفسجية — وخاصة فى المدى الموجى من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانو ميتر (أى الـ UV-B)– تؤثر فى تجرثم كثير من الأجناس الفطرية، مثل: *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Cercospora*، و *Cercosporella*، و *Fusarium*، و *Helminthosporium*، و *Stemphylium*، و *Trichoderma*. وربما يكون للضوء الأزرق تأثير حاث للتجرثم كما فى *Trichoderma*، و *Vericillium agaricinum*، أو تأثير مثبط كما يحدث مع *Alternaria cichorii*، و *Alternaria tomato*، و *Helminthosporium oryzae*، وقد وجد أن تجرثم *Botrytis cinerea* يُستحث بواسطة الأشعة البنفسجية UV-B، ويُثَّبط بواسطة الضوء الأزرق. كما وجد تأثير عكسى لكل من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية على كل من إنتاج الحوامل الكونيدية وعلى المراحل الأخيرة للتجرثم فى الفطريات. كذلك وُجد أن التعريض للضوء الأزرق يثبط إنتاج الجراثيم الأسبورانجية فى أوراق الخيار المصابة بالفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

كذلك أظهرت الدراسات أن تعريض مزارع الفطر *B. cinerea* لومضات قصيرة من الضوء الأحمر يثبط التجرثم، بينما يؤدى تعريضها لومضات الأشعة تحت الحمراء إلى تحفيز التجرثم. كذلك فإن التجرثم الذى يحدث فى الظلام يمكن تثبيطه بالتعريض بعد ذلك للضوء الأزرق. وهذا التثبيط يبدأ بتحول صبغة ميكوكروم mycochrome من صورة M_B التى تستحث التجرثم إلى صورة M_{Nuv} التى تثبطه (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ويُستعمل فى معظم البيوت البلاستيكية أغطية بلاستيكية تحتوى على مواد تعترض الأشعة فوق البنفسجية بهدف زيادة طول فترة حياة الغطاء، الذى يكون منفذًا للأشعة النشطة فى البناء الضوئى. تنقسم تلك الأغطية إلى فئتين تعترض إحداهما معظم الموجات الضوئية التى تكون بطول ١٦٠ نانوميترًا أو أقصر من ذلك (<306 nm)، بينما تعترض الثانية الموجات الضوئية التى تكون بطول ٣٨٠ نانوميترًا أو أقل (<380 nm).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الأغطية الـ <380 nm تقلل من تجرثم الفطر *Botrytis cinerea*، وتقلل من أعداد الآفات الحشرية، ومن الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات (عن Costa وآخرين ٢٠٠١).

كما وجد أن الأغطية الـ <380 nm تتميز — كذلك — بأنها تزيد من دوام حيوية جراثيم الفطر *Beauveria bassiana* المستعمل فى المكافحة الحيوية، وذلك مقارنة بحالة الجراثيم عند استعمال الأغطية الـ <360 nm (Costa وآخرون ٢٠٠١).

إن بداية التفكير فى مكافحة الإصابات المرضية فى البيوت المحمية بالتحكم فى الطول الموجى للضوء النافذ من خلال الغطاء كانت فى عام ١٩٧٣، وذلك بالنسبة للفطر *Botrytis cinerea*.

وقد أدت تغطية البيوت المحمية بأغشية الفينيل vinyl films الماصة للأشعة فوق البنفسجية — ذات الموجات الضوئية الأقصر من ٣٩٠ نانوميتر — إلى المكافحة الجزئية للعفن الرمادى — الذى يسببه الفطر *B. cinerea* — فى كل من الطماطم والخيار، مقارنة بالوضع فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية غير ماصة للأشعة فوق البنفسجية.

وقد أدى استعمال الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى تثبط تطور تكوين أبوثيسيا apothecia الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* — مسب مرض عفن الساق — فى كل من الباذنجان والخيار. وكذلك تثبيط تجرثم الفطر *Alternaria dauci* مسبب مرض لفحة الأوراق فى الجزر، و *A. porri* مسبب مرض لفحة الأوراق فى بصل ويلز *Allium fistulosum*، و *A. solani* مسبب مرض اللفحة المبكرة فى الطماطم، و *Botrytis squamosa* مسبب مرض لفحة الأوراق فى الشيف الصينى *Allium tuberosum*، وقد صاحبت تلك التأثيرات انخفاض فى شدة الإصابات المرضية فى شتى المحاصيل المذكورة.

كذلك وجد أن استعمال أغشية من البوليثيلين الأزرق لغطاء البيوت المحمية — بدلاً من الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية أحدث خفضًا واضحًا فى انتشار البياض الزغبى — الذى يسببه الفطر *Pseudopernospora cubensis* — فى الخيار، حيث لم ينتشر الفطر إلاّ فى الأوراق الحديثة فى قمة النبات (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

وأدى استعمال غطاء من البوليثيلين المضاف إليه صبغة زرقاء اللون (ذات قدرة على امتصاص الطيف الأزرق تبلغ ذروتها عند ٥٨٠ نانو مترًا).. أدى استعمالها فى إنتاج الخيار فى البيوت المحمية إلى تثبيط جوهرى فى إصابة النباتات بالفطر *P. cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى، وفى قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية، بينما أدت فلترة الطيف فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية (٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانومترًا) — أى جعله يسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية — إلى تحفيز الإصابة بالفطر دون التأثير على قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية. هذا إلا أن محصول الخيار لم يزدد جوهريًّا تحت الغطاء الأزرق — على الرغم من انخفاض شدة الإصابة بالبياض الزغبى — وربما كان ذلك بسبب انخفاض شدة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى تحت الغطاء البلاستيكى الأزرق (Reuveni & Raviv ١٩٩٧).

ولقد وجد أن امتصاص الـ UV-B كان فعّالاً فى تثبيط تكوين الأكياس الاسبورانجية sporangia للفطر *P. cubensis* عندما كان ذلك الامتصاص مقرونًا — كذلك — بامتصاص للموجات الضوئية فى منطقة الضوء الأخضر والأصفر، ولكنه لم يكن مؤثرًا خلال مرحلة الإصابة الفطرية للنباتات. هذا بينما أدى خفض شدة الضوء الأخضر/الأصفر الذى يصل للفطر والنبات إلى التأثير على كل من مراحل التطور الفطرى والإصابة، وخفّض جوهريًّا شدة الإصابة بالبياض الزغبى فى الخيار. وعلى الرغم من انخفاض شدة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى PAR بسبب امتصاص الأشعة فى المدى الموجى الأخضر والأصفر، فإن المحصول لم ينخفض، ربما يسبب أن الأغشية الزرقاء خفضت من شدة الإصابة بالمرض (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

إن أغلب الأغشية المعاملة ضد الأشعة فوق البنفسجية تمنع نفاذ غالبية الأشعة فوق البنفسجية التى تقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر، إلا أن بعض المواد التى تُعامل بها الأغشية يمكنها منع نفاذ الموجات التى يقل أطوالها عن ٣٨٠ نانوميتر. وقد أدى استخدام تلك الأغشية الأخيرة إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء والمنّ والتربس على الخضراوات النامية تحتها مقارنة بالأعداد التى إصابتها تحت الأغشية التى تمنع نفاذ الأشعة التى يقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر. ويُعتقد أن ذلك الخفض فى أعداد الحشرات كان له علاقة بحدوث تحور فى النظام الحشرى الطبيعى لاستخدام الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية أثناء الطيران والتوجه نحو العوائل.وقد تبين أن حشرات الذبابة البيضاء العادية وذبابة البيوت المحمية البيضاء وتربس الأزهار الغربى تفضل دخول البيوت المحمية التى تسمح أغطيتها بنفاذ قدر أكبر من الأشعة فوق البنفسجية (Costa وآخرون ٢٠٠٣).

ولقد أمكن الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات بتطوير أساليب زراعية تعتمد على طول الموجات الضوئية التى تتعارض مع بحث الحشرات عن عوائلها، وتوجهها إليها، واستقرارها عليها (Antignus ٢٠٠٠).

ومن الأمثلة الأخرى للدراسات التى أجريت على التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من خلال أغطية البيوت المحمية لأجل مكافحة الأمراض، ما يلى:

- انخفضت أعداد الذبابة البيضاء المتواجدة على النباتات فى البيوت المحمية البلاستيكية المغطاة بأغشية الفينيل vinyl films الممتصة للأشعة فوق البنفسجية عما فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

- أدى استعمال أغطية بلاستيكية مانعة للأشعة فوق البنفسجية فى البيوت المحمية إلى إحداث خفض كبير فى أعداد الحشرات الرئيسية: صانعات الأنفاق *Liriomyza trifolii*، وتربس الأزهار *Frankliniella occidentalis*، والذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*، وكذلك خفض معدلات الإصابات الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات (Antignus وآخرون ١٩٩٦).

- أدى استعمال غطاء فينيل ماص للأشعة فوق البنفسجية UV-absorbing film إلى تثبيط تجرثم كلاً من *Botrytis cinerea*، و *Sclerotina sclerotiorum*، و *Alternaria solani*، وخفض شدة الإصابة بها على الطماطم بنسبة ٦٠٪–٧٠٪ تحت ظروف الحقل (Shim وآخرون ١٩٩٨).

- أدى استعمال شرائح من البولى إثيلين قادرة على منع نفاذ الأشعة ذات الطول الموجى حتى ٤٠٥ نانوميتر (near ultra violet light) إلى إحداث خفض شديد فى إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر *Botrytis cinerea*، مع خفض مماثل فى نسبة الإصابة بالعفن الرمادى فى كل من الفاصوليا والفراولة (West وآخرون ٢٠٠٠).

- أدت معاملة بادرات الطماطم والفلفل والقرع العسلى بالضوء الأحمر إلى خفض معدل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Phytophthora* sp. بنسبة وصلت إلى ٧٩٪، حيث أصيبت ٢١٪ إلى ٣٦٪ من البادرات التى عُوملت بالضوء الأحمر، مقارنة بإصابة ٧٨٪ إلى ١٠٠٪ من نباتات الكنترول (Islam وآخرون ٢٠٠٢).

- أدى استعمال الأغشية البلاستيكية الممتصة للأشعة فوق البنفسجية إلى الحد من

أعداد المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، و *Acyrthosiphum lactucae* وتأخير استعماره لزراعات الخس المحمية، مع تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بالفيروسات التى ينقلها المنّ (أساسًا الـ poty viruses)، كما أحدث استعمال تلك الأغشية خفضًا مماثلاً فى أعداد التربس *Frankliniella occidentalis* وانتشار فيرس ذبول الطماطم المتبقع، هذا إلاّ أن الغطاء لم يكن مؤثرًا على أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء (Diaz وآخرون ٢٠٠٦).

- أدى استعمال الأغطية البلاستيكية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء جوهريًّا إلى صفر–٠,٥ ذبابة لكل ورقة طماطم فُحِصت، مقارنة بـ ١–٥ ذبابات لكل ورقة عندما استعملت الأغطية البلاستيكية التقليدية، وصاحب ذلك انخفاض فى نسبة الإصابة بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم إلى صفر٪–٢٥٪ تحت الأغطية الماصة للأشعة فوق البنفسجية، مقارنة بـ ٤٪–٧٠٪ إصابة تحت الأغطية التقليدية (Rapisarda وآخرون ٢٠٠٦).

- وقد وجد Vakalounakis (١٩٩٢) أن نفاذية غطاء الصوبة للأشعة تحت الحمراء ليلاً كانت ٧,٣٪ فقط عند استعمال غطاء فينيل vinyl ماص لهذه الأشعة، بينما وصلت إلى ٥٠,٩٪ عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى. وقد صاحب ذلك انخفاض فى الإصابات المرضية (الندوة المبكرة التى يسببها الفطر *A. solani*، وعفن الأوراق الذى يسببه الفطر *Cladosporium fulvum*، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*) بنسبة تراوحت من ٤٠٪–٥٠٪ عندما استعمل الغطاء غير المنفذ للأشعة تحت الحمراء، كما كانت النباتات أقوى نموًا وأكثر تبكيرًا فى الحصاد بنحو شهرين مما كانت عليه الحال عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى

كما وجد أن الموجات الضوئية التى تنبعث من مصادر الإضاءة المختلفة (أى خلفية الإضاءة) تؤثر فى تثبيط الأشعة فوق البنفسجية بى UV-B لفطر البياض الدقيقى *Podosphaera xanthii*. وكان التثبيط بفعل التعريض للأشعة UV-B بجرعة: واحد W/م^2 لمدة ١٠ دقائق أعلى ما يمكن فى وجود الضوء الأحمر، أو فى الغياب التام للإضاءة. وكان

تثبيط فطر البياض الدقيقى أقل ما يمكن فى وجود الأشعة فوق البنفسجية UV-A أو الأشعة الزرقاء، وذلك مقارنة بالوضع فى النباتات التى تعرضت — فقط — لـ ١٦ ساعة من الإضاءة اليومية الطبيعية + إضاءة من لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى التى تُنتج إشعاع ذات مدى عريض من الموجات الضوئية مع ذروة فى منطقة الضوء الأصفر إلى البرتقالى. ولقد أحدث التعريض اليومى للـ UV-B بجرعة: واحد W/م^{2} — بدءًا من يوم العدوى بالفطر — خفضًا جوهريًا فى شدة الإصابة بالمرض إلى ١٥٪، مقارنة بشدة إصابة بلغت ١٠٠٪ فى نباتات الكنترول. وبلغ أقصى تثبيط للمرض عندما كان التعريض للـ UV-B لمدة ١٥ دقيقة، حيث كانت الإصابة ١,١٪ فقط، إلاّ إنه كان الضرورى تقليص فترة التعريض إلى ٥—١٠ دقائق لتجنب أضرار الأشعة على النباتات. ولم يكن لتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية لمدة يومين قبل عدواها بالفطر أى تأثير — سلبى أو إيجابى — على شدة الإصابة. ولقد ثبطت الأشعة فوق البنفسجية إنبات الجراثيم، والإصابة، واتساع البقع المرضية، وتجرثم الفطر. ويُستفاد مما تقدم إمكان مكافحة فطر البياض الدقيقى فى الخيار بتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية UV-B، وزيادة فاعلية المعاملة بالتعريض فى الوقت ذاته للضوء الأحمر، وخاصة إجراء المعاملة ليلاً، حيث يمكن تجنب التأثير السلبى للضوء الأزرق والـ UV-A على كفاءة المعاملة. ويبدو أن الـ UV-B تُحدث تأثيرها مباشرة على الفطر، ولا تستحث مقاومة فى النبات ضده (Suthaparan وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة الحيوية

بدأ توفر الأعداء الطبيعية لمكافحة الآفات فى زراعات الخضر فى البيوت المحمية بأوروبا فى ستينيات القرن الماضى، وحدث تغير من سيادة المكافحة بالمبيدات إلى مكافحة متكاملة متقدمة للآفات، وذلك فى خلال ٢٠ عامًا بعد ذلك. وحاليًا.. يقوم المزارعون حول العالم بإدخال ملايين الأعداء الطبيعية فى البيوت المحمية لمكافحة الآفات. ويتوفر تجاريًا نحو ١٠٠ نوع من الكائنات المفيدة المستخدمة فى مكافحة جميع الآفات الحشرية والأكاروسية الهامة. وفى شمال أوروبا تُحَلُّ معظم — إم لم تكن كل — المشاكل الحشرية دونما استخدام للمبيدات الحشرية.

أما تطوير المكافحة البيولوجية للأمراض فقد بدأت متأخرة، وإن كانت قد تسارعت وتيرتها؛ وذلك لأجل الوصول بها إلى نفس مستوى نجاح المكافحة الحيوية للآفات الحشرية والأكاروسية.

ويسعى مربو النبات – حاليًا – ليس فقط إلى إنتاج أصناف مقاومة للأمراض والآفات، ولكن أيضًا لأجل إنتاج أصناف قادرة على جذب الأعداء الحيوية إليها بعد تعرضها للإصابة بالآفات، وإنتاج أصناف يمكن أن تُهيئ "بيئة عمل" working environment أكثر مناسبة للكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية (Van Lenteren ٢٠٠٠).

إن المكافحة الحيوية للأمراض والآفات تحتل موقعًا متميزًا فى الزراعات المحمية، بالنظر إلى إمكان التحكم فى موقع المكافحة مكانيًّا وبيئيًّا. هذا بالإضافة إلى كونها أقل تكلفة وأكثر مناسبة لمحاصيل الصوبات التى قد تُحصد ثمارها يوميًّا؛ الأمر الذى يستحيل معه معاملتها بالمبيدات.

مكافحة مسببات الأمراض

تتنوع كثيرًا الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض، كما يلى:

المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة

إن أهم المنتجات المستخدمة فى هذا الشأن، ما يلى:

١– منتجات تحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*:

يقوم هذا المتطفل بإتلاف الأجسام الحجرية للفطرين *Sclerotinia sclerotiorum*، و *S. minor*، وهو يسوق كحبيبات قابلة للبلل تحت الاسم التجارى Contans.

٢– منتجات تحتوى على الفطر *Gliocladium virens* (= *Trichoderma virens*):

عزل هذا الفطر فى أواخر ثمانينات القرن الماضى من تربة بولاية ميرلاند الأمريكية. ثم تبين أنه يتواجد فى التربة فى جميع أنحاء العالم، وقد استخدم فى مكافحة الفطرين

Pythium ultimum، و *Rhizoctonia solani* فى مخاليط الزراعات اللاأرضية، وهو يسوق تحت الاسم التجارى SoilGard.

٣- الفطر *Trichoderma harzianum* السلالة (T-22):

أُنتجت هذه السلالة فى أواخر ثمانينات القرن الماضى بطريقة إندماج البروتوبلاست بين كل من T-95 (وهى سلالة من *T. harzianum* عُزلت من تربة من كولومبيا وتعد منافسًا قويًا على استعمار المحيط الجذرى النباتى)، و T-12 (وهى — كذلك — سلالة من *T. harzianum* عزلت من نيويورك). ويمكن لهذه السلالة (T-22) التى تعد منافسًا قويًا بالمحيط الجذرى استعمار كل أجزاء المجموع الجذرى والبقاء لفترة طويلة عند استعمالها فى معاملة الجذور أو التربة سقيًا أو كحبيبات، وهو يُسوق تحت الاسم التجارى RootShield كحبيبات، وكذلك الاسم PlantShield كمعلق مائى يحتوى على كونيديات الفطر.

ولقد أظهرت المنتجات التجارية للفطر قدرة على مكافحة عفن التاج والجذور الفيوزارى فى الطماطم، والفطريات *R. solani*، و *Catharanthus* sp.، و *Pythium* spp. فى عدد من نباتات الزينة. وتتساوى قوة المكافحة التى يوفرها الفطر مع تلك التى تُحدثها المبيدات الفطرية.

ويقوم الفطر *T. harzianum* بفعله من خلال عدة آليات، منها التطفل الفطرى mycoparasition عن طريق إنتاج إنزيمات الشيتينات chitinases، والـ β-1-3-glucanases، والـ β-1-4-glucanases، ومضادات الحيوية antibiotics، والتنافس competition، وإذابة المغذيات النباتية غير العضوية، وحث المقاومة، وتثبيط نشاط إنزيمات المسببات المرضة ذات الأهمية فى التطفل المرضى لها.

حققت هذه السلالة ومنتجاتها التجارية انتشارًا واسعًا، ومن بين السلالات الأخرى للفطر ذاته كلاً من: T-35 (أو Trichodex) من إسرائيل، و Binab T من السويد، و Supresivit من جمهورية التشيك.

٤- الاستربتوميسيت *Streptomyces griseovirids* (السلالة : K61) .

يُسوق هذا الاستربتوميسيت تحت الاسم التجارى Mycostop، وكان قد عزل ابتداءً من الاسفاجنم، واستُخدم فى المكافحة الحيوية للذبول الفيوزارى للقرنفل. كذلك يُفيد هذا المنتج فى مكافحة الفطر *Pythium aphanidermatum*.

٥- الفطر *Gliocladium catenulatum* (السلالة J1446):

عُزلت هذه السلالة من التربة بأحد الحقول فى فنلندة، وهى المكون الفعال فى المنتج التجارى Primastop. ومن بين الفطريات التى ينجح هذا الفطر فى مكافحتها: تساقط البادرات، وأعفان البذور، وأعفان الجذور، وأمراض الذبول. ويسوق المنتج التجارى كمسحوق قابل للبلل يمكن استخدامه فى معاملة التربة والجذور والنموات الخضرية، ويُستخدم — خاصة — فى معاملة مخاليط الزراعة لمكافحة فطريات الذبول الطرى: *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani*. وقد تبين من بعض الدراسات أن فاعلية *G. catenulatum* فى المكافحة كانت مماثلة لفاعلية المبيدين الفطريين propamocarb، و tolclofos.

٦- السلالة غير المرضة Fo47 من الفطر *Fusarium oxysporum*:

عُزلت هذه السلالة من تربة مثبطة للفيوزاريم بفرنسا، وهى فعالة ضد أمراض الذبول الفيوزارى فى عدد من النباتات، منها الطماطم والقرنفل، وضد مرض عفن التاج والجذور الفيوزارى فى الطماطم. ومن بين آليات فعل هذه السلالة: المنافسة على الكربون. والمنافسة المباشرة مع السلالات المرضة، وحث المقاومة بالعائل.

٧- البكتيريا *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens* (السلالة FZB24):

تأتى بعض الأنواع البكتيرية التابعة للجنس *Bacillus* الثانية فى الترتيب من حيث الاستخدام فى المكافحة الحيوية بعد البكتيريا التابعة للجنس *Pseudomonas*، وذلك من بين كل الأجناس البكتيرية. وتسوق البكتيريا *Bacillus subtilis* تحت الاسم التجارى Kodiak، وتستخدم فى معاملة البذور وكإضافة للتربة. كذلك أُنتج المستحضر

BioYield الذى يحتوى على نوعى البكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens*، و *B. subtilis* لأجل استخدامه فى الزراعات المحمية.

ومن بين سلالات *B. subtilis* التى اختبرت لمكافحة الفطرين *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora nicotianae* فى الطماطم والخيار بالزراعات المحمية، كانت أفضلها السلالتين FZB13، و FZB44، كما حفزت السلالة FZB-G نمو نباتات الطماطم. وأنتجت السلالتان FZB C، و FZB G مضادات حيوية من الببتيدات الفعالة ضد الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١).

المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية لأمراض النموات الخضرية

إن من أهم المنتجات المستخدمة لهذا الغرض، ما يلى:

١- الفطر *Ampelomyces quisqualis*:

يُعد الفطر *A. quisqualis* أول فطر عُرف بتطفله على فطريات البياض الدقيقى، وهو مضاد لأنواع من الرتب الفطرية: Erysiphales، و Mucorales، و Perisporiales. ولقد وجد أن *A. quisqualis* يستعمو الهيفات والجراثيم الكونيدية وحواملها conidiophores لعوائله.

لا يكون هذ الفطر فعّالاً فى المكافحة إلا فى ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًّا؛ ولذا.. اقترح الرش بالماء — عند المعاملة بالفطر — كوسيلة لرفع الرطوبة النسبية، إلا أن عملية الرش تلك تقلل — فى حد ذاتها — من شدة نشاط الفطر *S. fuliginea*. ويعد الفطر *A. quisqualis* متحملاً لبعض المبيدات الفطرية، مما يسمح باستخدامه ضمن برنامج المكافحة المتكاملة ضد البياض الدقيقى عندما تكون الرطوبة النسبية عالية. وتحت ظروف الحقل اقتُرح استخدام مخلوط من *A. quisqualis* مع ٢٪ زيت بارافين لمكافحة البياض الدقيقى.

وقد أُنتج التحضير AQ-10 الذى يحتوى على الفطر *A. quisqualis* فى صورة حبيبيات قابلة للانتشار فى الماء على اعتبار كونه سلالة جديدة يمكن أن تعمل فى ظروف

الرطوبة النسبية المنخفضة، وهو مسجل للاستخدام مع عديد من محاصيل الخضر والفاكهة، ويوصى بأن يستعمل معه مادة ناشرة للماء للتغلب على احتياجات الفطر للرطوبة.

٢- الفطر *Trichoderma harzianum* (السلالة T-39):

طُورت السلالة T-39 من الفطر *T. harzianum* فى إسرائيل واستخدمت فى إنتاج المستحضر التجارى TRICHODEX، وهو فعّال ضد الفطر *Botrytis cinerea*، ويستخدم فى مكافحته. وهو يعمل من خلال منافسته الفطر المرض على الغذاء وإعاقته لقدرته على إنتاج الإنزيمات المحللة، كما يمنع اختراق الفطر المرض لأنسجة العائل وتحليله لها.

٣- البكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة QST713):

يُعد المنتج التجارى Serenade أفضل تحضيرات هذه السلالة البكتيرية، وهو فعّال ضد أكثر من ٤٠ مرضًا نباتيًّا، من بينها العفن الرمادى (*B. cinerea*)، وتساقط البادرات (*P. ultimum*، و *R. solani*)، والبياض الدقيقى. وتعمل البكتيريا من خلال عدة آليات منها: التنافس، والتطفل، والتضادية الحيوية، وحث المقاومة الجهازية (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١).

ومن بين الدراسات التى أجريت فى مجال المكافحة الحيوية للفطريات، ما يلى:

- أدت المعاملة بمستخلصات كومبوست كلا من سبلة الماشية وسبلة الخيل إلى مكافحة الفطر *Pseudoperonospora cubensis* – مسبب مرض البياض الزغبى فى الخيار – بشكل جيد تحت ظروف الزراعات المحمية (Ma وآخرون ١٩٩٦).

- أمكن مكافحة فطريات البياض الدقيقى بالفطر المتطفل *Ampelomyces quisqualis* الذى يُنتج جراثيم كونيدية لزجة يمكن أن تنتشر مع رذاذ الماء، وكذلك بجراثيم الفطر المضاد *Sporothrix* spp. الشبيه بالخميرة. يعد كلا الكائنين فعالاً ضد الفطر *Sphaerotheca fuliginea* المسبب للبياض الدقيقى فى القرعيات فى الرطوبة

العالية. ويعنى ذلك ضرورة توفير رطوبة عالية مع تعريض النباتات لرذاذ من الماء على فترات للمساعدة على انتشار جراثيم الكائنات المستعملة في المكافحة الحيوية، ولكن يراعى ألا تتبقى أغشية مائية على النباتات لفترات طويلة؛ لكى لا تساعد على انتشار مسببات مرضية أخرى خطيرة؛ مثل الفطر *Botrytis cinerea*.

- ومن الفطريات الأخرى التى تُضاد فطريات البياض الدقيقى كل من: *Tilletiopsi* spp.، و *Stephanoascus* (عن Jarvis ١٩٨٩).

- حقق استعمال الفطر *Gliocladium roseum* نجاحًا كبيرًا فى مكافحة مرض العفن الرمادى فى الفراولة، حيث ثبطت عزلاته نمو الفطر *B. cinerea* بنسبة ٩٨٪ فى اختبارات على مختلف الأجزاء النباتية (الأوراق، والبتلات، والأسدية الزهرية) المفصولة عن النبات وغير المفصولة، وكان أكثر كفاءة عن غيره من الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية. مثل: *Trichoderma viride* ، و *Alternaria alternata*، و *Myrothecium verrucaria*، و *Penicillium* spp.، كما كان أكثر كفاءة عن المبيد الفطرى القياسى كابتان. وفى دراسة أخرى حقق استخدام الفطر *G. roseum* تثبيطًا للعفن الرمادى تراوح بين ٧٩٪، و٩٣٪ فى أسدية أزهار الفراولة، وبين ٤٨٪، و ٧٦٪ فى ثمارها، وقد تماثل فى تلك الكفاءة مع الكائنات الرئيسية المستخدمة فى مكافحة الفطر *B. cinerea* بيولوجيًّا أو كان أكفأ منها. وظهرت كفاءة هذا الفطر فى مكافحة العفن الرمادى حتى فى ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًّا فى البيوت المحمية البلاستيكية. كما أظهر فاعلية كبيرة فى المكافحة ليس فقط فى أزهار وثمار الفراولة، وإنما فى نمواتها الخضرية كذلك، وهى التى تعد المصدر الرئيسى للإصابة بالفطر تحت ظروف الحقل، وتراوحت كفاءته فى تثبيط إنتاج الفطر *B. cinerea* لجراثيمه بين ٩٠٪، و ١٠٠٪ وتشابه فى ذلك مع كفاءة أقوى المبيدات المستعملة فى مكافحة الفطر، وهى الكلوروثالونيل chlorothalonil.

- وقد جرت محاولات ناجحة لاستعمال نحل العسل فى نقل الفطر *G. roseum* إلى أزهار الفراولة، قامت فيها الحشرة بنقل الفطر بكفاءة إلى الأزهار أثناء زيارتها لها،

واستخدم لأجل ذلك مسحوق من الفطر وضع فى موزع للقاح الفطرى على خلية النحل (عن Sutton وآخرين ١٩٩٧).

• بينما أدت عدوى نباتات الطماطم فى مزرعة لا أرضية بالفطر *Phytophthora nicotianae* إلى خفض جوهرى فى الوزن الجاف للنموات الهوائية والجذرية، فإن معاملة المزرعة بالبكتيريا *Bacillus subtilis* ثبطت النمو الفطرى وأحدثت زيادة جوهرية فى محصول الطماطم مقارنة بمحصول نباتات الكنترول التى لم تعامل بالبكتيريا (Grosch & Grote ١٩٩٨).

• أفاد فى المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الفراولة عدوى التربة بكائنين دقيقين، هما: B501 من البكتيريا *Bacillus* spp.، والعزلة S506 من الاستربتوميسس *Streptomyces* spp.، مع المحافظة على تواجدهما فى التربة بتركيز مرتفع حتى بداية الإزهار، وهى المرحلة التى تبدأ عندها أعراض الذبول فى الظهور على نباتات الفراولة. وبالمقارنة بالتبخير ببروميد الميثايل الذى أدى إلى مكافحة المرض بنسبة ١٠٠٪، أدت المعاملة بالباسيلّس على تحقيق ٩٤٪ مكافحة ولم تختلف جوهريًا عن معاملة بروميد الميثايل، بينما أعطت معاملة الاستربتوميسس مكافحة بنسبة ٧٧٪ وكانت أقل جوهريًا من معاملتى بروميد الميثايل والباسلّس (Wang وآخرون ١٩٩٩).

• وجد أن لكل من التريكودرما *Gliocladium virens* (كما فى التحضير التجارى RootShield)، والبكتيريا *Radoporidium diobovatum* (السلالة S33) القدرة على مكافحة تقرح الساق الذى يحدثه الفطر *Botrytis cinetea* بنباتات الطماطم فى الزراعات المحمية (Utkhede وآخرون ٢٠٠١).

• أدت معاملة الطماطم بالفطر *Penicillium oxalicum* — فى كل من الزراعات المائية والزراعات العادية فى التربة — إلى الحد من إصابتها بفطر الذبول الفيوزارى

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*، علمًا بأن فطر البنيسلم استعمر المحيط الجذرى للطماطم ولم يؤثر على تواجد فطر الذبول فيه (DeCal وآخرون ١٩٩٧).

- تبين لدى اختبار عدد من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة أن أكثرها قدرة على الاحتفاظ بحيويتها لفترات طويلة فى مخاليط الزراعة التى تُعدُّ للاستعمال (ولكنها قد تخزن لفترات متباينة قبل استعمالها) كلا من البكتيريا *Bacillus subtilis*، والميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Nemec ١٩٩٧).

- وجد تحت ظروف الصوبات أن كفاءة كلا من *T. harzianum* T39، و *Aureobasidium pullulans* فى مكافحة فطر البوترتيس كانت أعلى من كل من المبيد الفطرى ذو التأثير الواسع المدى tolylfuanid والمبيد الفطرى المتخصص iprodione، إلاّ أن المكافحة كانت أفضل بالنسبة لإصابات السوق عنها بالنسبة لإصابات الثمار (Dik & Elad ١٩٩٩).

- أفادت المعاملة بالسلالة BACT-O من *Bacillus subtilis* فى الحد من إصابة الخس بالفطر *Pythium aphanidermatum* فى المزارع المائية (Utkhede وآخرون ٢٠٠٢).

- تعطى المعاملة بالكومبوست المضاف إليه الفطر *Pythium oligandrum* مكافحة جيدة جدًّا للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* فى مزارع الطماطم فى البيت موس، وتحدث المقاومة بتكوين تراكيب فيزيائية فى المواقع المحتملة للإصابة تعيق حدوث الإصابة وتقدم الفطر (Pharand وآخرون ٢٠٠٢).

- أظهر عديد من أنواع الكائنات الدقيقة قدرة عالية على الحد من إصابة الطماطم فى الزراعات المائية بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وكان منها ما يلى:

Penicillium brevicompactum

Penicillum solitum strain 1.

Pseudomonas fluorescens subgroup G. strain 2.

Pseudomonas marginalis

Pseudomonas putida subgroup B strain 1.

Pseudomonas syringae strain 1.

Trichoderma atroviride

(Gravel وآخرون ٢٠٠٧).

• أدت معاملة نباتات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى بسلالات من الفطر المحفز للنمو النباتى *Fusarium equiseti* إلى توفير حماية جيدة للنباتات ضد الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى. وقد أظهرت الدراسة أن مستخلصات ساق النباتات المعاملة بالفطر *F. equiseti* — سواء أكانت قد حقنت بفطر عفن التاج والجذر الفيوزارى أم لم تحقن — كانت مثبطة لإنبات الجراثيم الميكروكونيدية للفطر المرض ولاستطالة أنابيبها الجرثومية فى البيئات الصناعية (Horinouchi وآخرون ٢٠٠٨).

• دُرس تأثير ثلاثة منتجات تجارية تستخدم فى المكافحة الحيوية على مكافحة ثلاثة من مسببات الأمراض التى تصيب الطماطم عن طريق الجذور فى مزارع لاأرضية مغلقة تتكون فيها بيئة الزراعة إما من البيت، وإما من الخفّاف pumice، ولقد وُجد أن مستوى المكافحة المرضية يتباين تِبعًا لنوع الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية، وبيئة الزراعة، والمسبب المرضى، كما يلى:

١- أدت المعاملة بالمنتج Binab T (الذى يحتوى على خليط من كل من الفطرين *Trichoderma polysporum*، و *T. harzianum*)، أو Gliomix (الذى يحتوى على الفطر *Gliocladium cantenulatum*)، أو Mycostop (الذى يحتوى على الاستربتوميسيت *Streptomyces griseoviridis*) فى بيئة الخفاف إلى تقليل الإصابة المرضية بالمسببات الثلاثة: *Pythium aphanidermatum*، و *Pyhtophthora cryptogea*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*.

٢- لم يكن للـ Mycostop تأثير جوهرى على مستوى الإصابة بأى من المسببات المرضية الثلاثة فى البيت، على الرغم من أن كلاً من الـ Binab T، والـ Gliomix حققا مكافحة بيولوجية ناجحة.

٣- فى كلتا البيئتين كانت المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *raics-lycopersici* ضعيفة مقارنة بتلك التى تحققت مع أى من *P. aphanidermatum*، أو *P. cryptogea*.

٤-تحسن نمو نباتات الطماطم بعد معاملة بيئة الزراعة بأى من المنتجات الحيوية الثلاثة فى وجود أى من المسببات المرضية الثلاثة، مقارنة بنموها فى معاملات الكنترول (Khalil وآخرون ٢٠٠٩).

- أمكن عزل بكتيريا (أعطيت الكود LSW25) من المحيط الجذرى لنباتات الطماطم كانت سالبة لصبغة جرام، ومضادة للبكتيريا *Pseudomonas corrugata* — التى تُصيب أوعية نباتات الطماطم وتحللها— ومحفزة لنمو بادرات الطماطم. وقد انتخبت من هذه العزلة طفرة طبيعية مقاومة للمضاد الحيوى rifampicin (أعطيت الكود LSW25R) لتسهيل تتبعها، وعُرِّفت بأنها .*Pseudomonas* spp، وأُعطيت الاسم *Pseudomonas* sp. LSW25R. ثبطت هذه البكتيريا النمو الهيفى لإثنى عشر فطرًا، مثل *Botrytis cinerea* على بيئة آجار V8. وبالاستعانة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح، وجد أن هذه العزلة لا تستعمر فقط سطح الجذور حول الفتحات الطبيعية للتفرعات الجذرية الدقيقة، وإنما — كذلك — تحت خلايا البشرة. ولقد نجحت العزلة LSW25R فى استعمار جذور بادرات الطماطم والفلفل والباذنجان، وحفزت جوهريًّا طول بادرات الطماطم ووزنها الطازج والجاف عند تلقيحها بتركيز ١٠ ^١٨^ وحدة مكونة للمستعمرات cfu/ مل، وحفَّزت جوهريًّا نمو بادرات الباذنجان والفلفل عند استعمالها بتركيز ١٠ ^٤^ cfu/ مل؛ بما يعنى أن التركيز المناسب من هذه البكتيريا لتحفيز النمو يختلف من نوع نباتى لآخر. كذلك فإن كثافة تواجد هذه البكتيريا داخل الجذور وأول أوراق الطماطم — عند قاعدة النبات — كانت أكثر من

٩,٣ × ١٠ ^٣^ cfu/ جم. وقد وجد أن التأثير المحفز لهذه البكتيريا حدث فى كل من ظروف التغذية الطبيعية، وكذلك عند نقص أى من النيتروجين أو الكالسيوم، إلا أن امتصاص الكالسيوم لم يزدد إلاّ فى ظروف التغذية الطبيعية، وقد أسهمت تلك الزيادة فى خفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Lee وآخرون ٢٠١٠).

مكافحة الحشرات

مكافحة الذبابة البيضاء

يتطفل الزنبور *Encarsia formosa* على حشرة الذبابة البيضاء. يبلغ طول أنثى الزنبور البالغة حوالى ٠,٥ مم، وهى تعيش لمدة ١٤ يومًا، تتغذى خلالها على الإفرازات السكرية للذبابة البيضاء. تضع الأنثى خلال حياتها حوالى ٦٠ بيضة، كل منها منفردة على الطور الثالث — فقط — لحوريات الذبابة البيضاء. يفقس البيض خلال أربعة أيام فى حرارة ٢١°م، لتتطفل يرقات الزنبور على حوريات الذبابة.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر كل من الطفيل (الزنبور) والحشرة (الذبابة البيضاء)؛ حيث تكون مدة دورة حياة كل منهما — باليوم — كما يلى:

الحرارة	الذبابة البيضاء	*Encarsia*
١٠	٧٢	—
١٥	٥١	٥٥
٢٠	٣٧	٢٥
٣٠	٢٥	١٥

ويتبين من ذلك أن المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء تكون أكثر فاعلية فى حرارة أعلى من ٢٠ °م. كذلك ينخفض نشاط الزنبور المتطفل فى الإضاءة الضعيفة. ويعتبر الزنبور أكثر حساسية للمبيدات الحشرية من الذبابة البيضاء ذاتها.

يُربى الزنبور المتطفل على أوراق التبغ أو الطماطم، ويسمح له بالتطفل على حوريات الذبابة البيضاء قبل توزيعه بتجانس تام داخل البيوت المحمية (عن Gould ١٩٨٧)، ويستخدم الزنبور المتطفل لهذا الغرض منذ أكثر من ٧٠ عامًا.

كذلك تتطفل سلالة من الفطر *Cephalosporium lecanii* على ذبابة البيوت المحمية البيضاء التى عزلت منها. ويتوفر الفطر فى صورة تحضير تجارى يعرف باسم Mycotal، وهو لا يؤثر على الزنبور *Encarsia formosa* المتطفل على الذبابة.

يتطفل الفطر على جميع أطوار الذبابة البيضاء *T. vaporariorum* فيما عدا البيض. ويكفى — عادة — رشّتان بالفطر إذا أحسن توقيتهما لمكافحة الحشرة بصورة جيدة طوال موسم النمو. ويلزم لإصابة الفطر للحشرة توفر رطوبة نسبية عالية (أقل من ٠,٢ كيلو باسكال 0.2 Kpa Vpd<) لمدة عشرة أيام. أما عملية تطفل الفطر على الحشرة لحين قضائه عليها فلا يلزم — لاستمرارها — توفر رطوبة نسبية عالية، بينما تلزم رطوبة نسبية عالية مرة أخرى لأجل تجرثم الفطر (عن Grange & Hand ١٩٨٧).

وقد أفادت المعاملة بكل من الفطر *Beauveria bassiana* (التحضير التجارى BotaniGard الذى يحتوى على ٥,١٣ × ١٠^٣ كونيديا/ مل)، والمفترس *Dicyphus hesperus*، والمتطفل *Encarsia formosa* فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* (Labbé وآخرون ٢٠٠٩).

يعمل الفطر *Beauveria bassiana* من خلال اتصاله بالسطح الخارجى للحشرة، ثم اختراقه لها وقتلها، وهو يسوق تجاريًا تحت أسماء مختلفة، منها Naturalis-O، و BotaniGard.

كما استعمل مستحضر تجارى من الفطر *Verticillium lecanii* — يعرف باسم ميكوتال Mycotal فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الخيار. ومن بين التحضيرات التجارية لهذا الفطر: Vertalec، و Mycotal.

واستخدمت الجراثيم الكونيدية للفطر *Aschersonia* — الذى يتطفل على الذباب الأبيض — فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء.

مكافحة حشرة المن

يُعرف عالميًا أكثر من ٤٠٠٠ نوع من المنّ، ومن أهمها — فى الزراعات المحمية — من الخوخ الأخضر *Myzus persicae*، ومن القطن *Aphis gossypii*، ومن البطاطس

Macrosiphum euphorbiae. ويُعد من الخوخ الأخضر أكثرها خطورة على محاصيل البيوت المحمية بسبب اتساع مدى عوائله وكثرة الفيروسات التى يُسهم فى نقلها وصعوبة مكافحته.

هذا.. ويمكن لإناث المنّ إنتاج أجيال جديدة من الحشرة دون حاجة للتزاوج، حيث تُنتج صغارًا مباشرة دون المرور بطور البيضة، وتسهم تلك الخاصية فى الازدياد الفجائى الكبير فى أعداد الحشرة. ويتعين تعليم المواقع التى يكتشف تواجد المنّ بها؛ ليمكن إحكام عملية المكافحة.

وبينما تميل أفراد منّ الخوخ الأخضر للتعنقد على النموات الحديثة الغضة، فإن من القطن غالبًا ما ينتشر بانتظام على امتداد ساق النبات. كذلك يقل عدد أفراد منّ القطن المجنحة عما فى منّ الخوخ الأخضر.

ومن بين أهم أعراض الإصابة بالمنّ: إنتاج الإفرازات السكرية (العسلية) التى تنمو عليها الفطريات المترممة السوداء (sooty mold) على الأوراق، وتكون البقع الصفراء على سطح الأوراق العلوى، وظهور الجلود التى تطرحها الحشرات على الأوراق، والتفاف الأوراق، وتشوه النموات الجديدة.

ومن أهم الحشرات المتسخدمة فى مكافحة المنّ فى الزراعات المحمية ما يلى:

أسد المنّ	*Chrysoperla carnea, C. rufiliabris & Chrysopa* sp.
ذبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*
الزنابير المتطفلة	*Aphidius colemani & A. maticariae*
خنفساء أبو العيد	*Hippodamia convergens*

هذا.. ويتطفل الزنبور *Aphidius matricariea* على نوع المنّ *Myzus persicae* فقط. يبلغ طول الحشرة المتطفلة البالغة نحو ملليمترين، وتضع الإناث بيضها فى جسم حشرة المنّ الصغيرة؛ حيث تفقس إلى يرقات خلال ١٣ يومًا، وتخرج من ثقب تصنعه فى حشرة المنّ التى تبقى كـ"مومياء" ملتصقة بالأوراق.

وقد استخدم فى مكافحة المنّ الخوخ الأخضر، ونوع المنّ *Macrosiphum euphorbiae* على نباتات الباذنجان مجموعة من الأعداء الطبيعية للمنّ تشكلت من الطفيل *Aphelinus asychis*، ونوعى أسد المنّ *Chrysoperla perla*، و *C. formosa* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

كذلك تتطفل يرقات الذبابة *Aphidoletes aphidimyza* على عدة أنواع من المنّ، خاصة تلك التى تكوّن مستعمرات عنقودية؛ مثل *Aphis gossypii*. تضع الأنثى بيضها (نحو ٧٠ بيضة) على السطح السفلى للأوراق قريبًا من مستعمرات المنّ. وبعد فقس البيض تتغذى كل يرقة من الطفيل على نحو ١٠ أفراد من المنّ قبل أن تتحول إلى عذارى فى غضون ٤ أيام من الفقس. يتم إدخال الطفيل إلى الصوبات كعذارى محملة فى البيت موس؛ حيث ينثر بالقرب من النباتات بمعدل ٢–٥ عذارى/ م^{٢} بمجرد مشاهدة مستعمرات المنّ. ويكرر ذلك بعد نحو ٢–٤ أسابيع أخرى.

ومن بين الفطريات المستخدمة فى مكافحة المن، ما يلى:

يتطفل فطران، هما: *Cephalosporium aphidicola*، و *Entomophthora coronata* على حشرة منّ الخوخ الأخضر. ولكن مستحضرات النوع الثانى ليست مأمونة الاستعمال بالنسبة للإنسان (عن توفيق ١٩٩٣).

يستعمل كذلك الفطر المتطفل *Cephalosporium lecanii* فى مكافحة عدة أنواع من المنّ؛ منها:

Aphis gossypii	*Myzus persicae*
Brachycaudus helichrysi	*Aphis fabae*

ويتوفر الفطر فى صورة تحضير تجارى يعرف باسم Vertale (نسبة إلى الاسم السابق لجنس الفطر *Verticillium*). والفطر حساس لعديد من المبيدات الفطرية. يُرش التحضير التجارى المحتوى على الجراثيم الكونيدية للفطر عند وجود إصابة منخفضة بالمنّ. مع ضرورة توفير رطوبة عالية (تزيد على ٨٥٪) لمدة حوالى ١٠ ساعات يوميًا خلال فترة تطفل الفطر على المنّ. يلاحظ التطفل بظهور نمو أبيض قطنى من هيفات الفطر على المنّ.

مكافحة التربس

يتوفر للمكافحة البيولوجية للتربس نوع مفترس من العناكب يعرف باسم *Amblyseius mackensie*، وكذلك سلالة متطفلة من الفطر *C. lecanii*.

كما تستعمل فى مكافحة التربس شرائط لاصقة، تلتصق بها يرقات الحشرة التى تسقط من الأوراق إلى التربة عندما يأتى وقت تحولها إلى عذارى. تعرف هذه الشرائط باسم Thripstick؛ وهى توضع أسفل النباتات لاصطياد اليرقات (عن Gould ١٩٨٧).

كذلك نجح Chambers وآخرون (١٩٩٣) فى مكافحة التربس *Frankliniella occidentalis* على الفلفل باستعمال الـ anthocorid المفترس *Orius laevigatus*، وكانت المكافحة أفضل فى ظروف الإضاءة الجيدة، وعندما كانت الإصابة بالتربس منخفضة ابتداء.

مكافحة صانعات الأنفاق

تكافح صانعة الأنفاق *Liriomyza bryoniae* على الطماطم بالرش بالدايمثويت، والمالاثيون. والدايازينون، والبيروثرويدات الجهازية، ولكن أمثال هذه المبيدات لا يمكن استعمالها ضمن برامج المكافحة المتكاملة التى تشتمل على عنصر المكافحة الحيوية.

ويعرف حاليًا عدد من المتطفلات التى تتطفل على صانعات الأنفاق؛ مثل: *Dactirsa sibirica*، و *Diglyphus isaea*، و *Opius pallipes*، وجميعها تستعمل على نطاق تجارى فى مكافحة صانعات الأنفاق فى الطماطم.

تضع المتطفلات الداخلية *Dactirsa*، و *Opius* بيضها داخل أجسام يرقات صانعات الأنفاق. وهى تحفر داخل الأنفاق، ويستغرق الطفيل ١٦ يومًا إلى أن ينضج (فى حرارة ٢١°م)؛ حيث تعيش الأنثى الناضجة لمدة ١٠ أيام تضع خلالها حوالى ٩٠ بيضة.

أما *Diglyphus* فهو متطفل خارجى، وتضع الأنثى بيضها منفردًا، كل بيضة منها على إحدى يرقات صانعة الأنفاق. تتغذى يرقة الطفيل – بعد فقسها – على عائلها، ثم تتحول إلى عذراء داخل النفق.

وتزود البيوت المحمية بمتطفلات صانعات الأنفاق؛ إما كعذارى فى علب كرتونية صغيرة، وإما كأفراد فى أنابيب بلاستيكية.

مكافحة يرقات حشرات رتبة حرشفية الأجنحة

تعرف يرقات رتبة حرشفية الأجنحة Lepidopterae باسم الجرارات caterpillars، وتشمل يرقات أبو دقيق والفراشات التى تعد من أخطر الآفات الزراعية. تكافح هذه اليرقات بنجاح كبير برشها بجراثيم البكتيريا *Bacillus thuringiensis*، أو ببلورات البروتين الذى تفرزه البكتيريا، علمًا بأنه ليست لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على أية كائنات أخرى من تلك التى تستعمل فى المكافحة الحيوية. وتتوفر تحضيرات تجارية من هذه البكتيريا تستعمل فى المكافحة؛ مثل المبيد دايبل Dipel.

تكون هذه البكتيريا شديدة التأثير على اليرقات الصغيرة؛ ولذا.. يجب استعمالها بمجرد ملاحظة أضرار تغذية اليرقات على النباتات. وهى تعمل كَسُمّ مَعدى؛ حيث تتحلل البللورات البروتينية — داخل معدة اليرقة — إلى سُمّ يؤذى الأغشية المبطنة للقناة الهضمية للحشرة، ويؤدى إلى تورمها بشدة. هذا.. وليس لهذا السُمّ أية تأثيرات على الإنسان أو الحيوانات الزراعية (عن Gould ١٩٨٧).

هذا.. ويبين جدول (١٥-١) أمثلة لعديد من الأعداء الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة فى مكافحة الحشرات والعناكب فى البيوت المحمية.

جدول (١٥-١): أمثلة للأعداد الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة فى البيوت المحمية.

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات المستهدفة بالمكافحة
متطفل الذبابة البيضاء	*Encarsia formosa*	الذبابة البيضاء، وخاصة ذبابة البيوت المحمية البيضاء
متطفل الذبابة البيضاء	*Eretmocerous eremicus*	الذبابة البيضاء، وخاصة ذبابة أوراق الكوسة الفضية
	Eretmocerus mundus	
متطفل صانعات الأنفاق	*Diglyphus* spp., *Dacnusa* spp.	صانعات الأنفاق
مدمر الخنفساء المغبرة	*Cryptolaemus montrouzieri*	خنفساء الموالح المغبرة
متطفل الخنفساء المغبرة	*Leptomastix dactylopii*	خنفساء الموالح المغبرة

يتبع

تابع جدول (١٥-١).

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات المستهدفة بالمكافحة
ذبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*	المــنّ
متطفل المنّ	*Aphidius colemani*	منّ الخوخ ومنّ الكنتالوب
متطفل المنّ	*Aphidius ervi, Aphelinus abdomalis*	منّ البطاطس
مفترس حشرات التربة	*Atheta coriaria*	عذارى تربس الأزهار الغربى
النيماتودا الـEntomopathogenic	*Steinernema feltiae*, plus others	يرقات بعوضة الفطر
العناكب المفترسة للتربس	*Hypoaspis miles*	عذارى تربس الأزهار الغربى
العناكب المفترسة للعنكبوت الأحمر	*Phytoseiulus persimilis*, other phytoseiids *Amblyseius californicus*	العنكبوت الأحمر
أسد المنّ	*Chrysoperla* sp.	المنّ – الذبابة البيضاء – العنكبوت الأحمر
قرصان الحشرات	*Orius insidiosus*	التربس وآفات أخرى
مفترس التربس	*Neoseiulus cucumeris,* *Amblyseius degenerans* *Amblyseius cucumeris*	التربس
متطفل الفراشات	*Trichogramma brassicae*	بيض الفراشات

مكافحة الأكاروسات

يستعمل العنكبوت المفترس *Phytoseiulus persimilis* فى مكافحة العنكبوت الأحمر العادى، ولكن يشترط لذلك أن تكون الحرارة بين ١٨ °م، و٢٤ °م؛ حيث يكون تكاثر العنكبوت المفترس أسرع كثيرًا من تكاثر العنكبوت الأحمر. فمثلاً.. يتكاثر العنكبوت المفترس بمعدل يبلغ ضعف معدل تكاثر العنكبوت الأحمر فى حرارة ٢٠ °م؛ وبذا.. يمكن الحيلولة دون زيادة أعداد العنكبوت الأحمر إذا أُدخل العنكبوت المفترس إلى الصوبة قبل بدء تكاثر العنكبوت الأحمر. هذا.. إلا أن كفاءة العنكبوت المفترس تقل كثيرًا فى الحرارة المنخفضة، ويتوقف عن التكاثر فى حرارة ٢٧ °م، بينما يتكاثر العنكبوت الأحمر بسرعة كبيرة فى هذه الدرجة؛ حيث يكمل دورة حياته خلال ٣–٤ أيام.

يتعين إدخال العنكبوت المفترس إلى داخل البيوت سنويًا فى كل موسم؛ لأنه – على خلاف العنكبوت الأحمر العادى – ليس له طور سكون، كما يجب توزيع أعداده بتجانس

داخل الصوبة. ويلاحظ أن العنكبوت المفترس شديد الحساسية لعديد من المبيدات التى تستعمل فى حماية المحاصيل المزروعة، خاصة المبيدات الفسفورية العضوية والبيرثرويدية. ويكثُر العنكبوت المفترس — عادة — على نباتات الفاصوليا (عن Gould ١٩٨٧).

وقد تمكن Nihouls (١٩٩٣) من إحداث التوازن بين العنكبوت المفترس *P. persimilis* والعنكبوت الأحمر *T. urticae* فى زراعات الطماطم المحمية، بإدخال العنكبوت المفترس من أحد جانبى الصوبة، مع مكافحة العنكبوت الأحمر — فى جانب الصوبة الآخر — باستعمال المبيدات (توركيو ٥٠٪ Torque 50%، و نسّورن ٥٠٪ Nissorum 50%). وقد احتاج الأمر إلى ٣٣٠٠ فرد — فقط — من العنكبوت المفترس/ ١٠٠ م٢ من الصوبة، وثلاث رشات بالمبيدات — على ٥٠٪ من النباتات — لأجل تأمين مكافحة العنكبوت الأحمر لمدة ٣٠ أسبوعًا؛ حيث إن التوازن المطلوب بين الكائنين استمر تلقائيًّا بمجرد حدوثه.

وأمكن تحسين المكافحة الحيوية للعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* فى زراعات الخيار المحمية بالاستعانة بالعدو الطبيعى المتخصص *Stethorus punctillum* مع العدو غير المتخصص *Neoseiulus californicus* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

مشاكل المكافحة الحيوية

من أهم مشاكل تطبيق مبدأ المكافحة الحيوية فى الزراعات المحمية ما يلى:

١- مشاكل تقنية تتعلق بالإنتاج المكثف للمتطفلات أو المفترسات؛ فهى يجب أن تُنتج على نطاق تجارى بمعرفة شركات متخصصة، وأن يكون استعمالها على أسس ثابتة ومستقرة؛ لكى تستمر هذه الشركات فى عملها. وتنهض بهذا الدور فى مصر — حاليًّا — وزارة الزراعة التى تقوم بالإنتاج التجارى لأسد المنّ، والفيروسات المستعملة فى مكافحة فراشة درنات البطاطس.

٢- مشاكل إدارية تتعلق بضرورة المتابعة الدائمة والمستمرة لأعداد الحشرة الضارة، وأعداد الطفيليات أو المفترسات. وبدء التطفل أو الافتراس، وتوطده، واستمراره، مع استمرار التوازن المطلوب بين الطفيل أو المفترس وعائله.

٣- مشاكل نفسية يجب أن يواجهها المنتج الذى تعود على الحصول على مكافحة سريعة وكاملة للآفات باستعمال المبيدات؛ فهذا الأمر لا يتحقق أبدًا فى المكافحة البيولوجية، وعلى المنتج أن يغير من فلسفته ونظرته إلى كثير من الأمور، كما يلى:

أ- يتعين - بداية - إدخال أعداد محدودة من الحشرة الضارة التى يرغب فى مكافحتها والسماح لها بالتكاثر وإحداث ضرر محدود؛ لكى يتوفر الغذاء اللازم للمفترس أو الطفيل قبل إدخاله الصوبة، وإذا وجد المنتج صعوبة فى تقبل ذلك، فليس أقل من إدخال الحشرة ومفترسها أو طفيلها فى آن واحد، أو الانتظار لحين تكاثر الحشرة - طبيعيًّا - وبداية أضرارها قبل إدخال أعدائها الطبيعيين.

ب-لا يمكن - أبدًا - تحقيق مكافحة كاملة عند الاعتماد على المكافحة الحيوية؛ فالحشرة الضارة يجب أن تكون متواجدة باستمرار، وإلا انقرضت أعداءها التى لا تجد - حينئذٍ - غذاءً مناسبًا لها. وبذا.. فإنه يتعين تقبل بعض الأضرار الحشرية البسيطة فى ظل نظام المكافحةالحيوية، ولكن هذه الأضرار تبقى فى الحدود المسموح بها والمحددة سلفًا.

ج- تكون المكافحة الحيوية بطيئة؛ فمثلاً قد تستغرق مكافحة العنكبوت الأحمر العادى مدة ٦ أسابيع.

٤- مشاكل فنية تتعلق بعملية التطبيق ذاتها؛ مثل:

أ- قد يؤدى أى تأخير فى إدخال الطفيل أو المفترس إلى الصوبة إلى حدوث أضرار كبيرة من جراء تكاثر وتغذية الآفة، التى قد تتزايد أعدادها إلى مستويات تفقد معها المكافحة الحيوية فاعليتها.

ب- ضرورة تغيير بعض عمليات الخدمة الزراعية؛ مثل تقليل عملية إزالة الأوراق السفلية والفروع الزائدة التى تأوى أعدادًا كبيرة من الطفيليات أو المفترسات النشطة بيولوجيًّا.

ج– قد يؤدى القضاء على الآفات الهامة – مع عدم استعمال المبيدات فى المكافحة – إلى تكاثر آفات أخرى واستفحال أخطارها. ويؤدى استعمال المبيدات فى مكافحة هذه الآفات إلى فشل المكافحة الحيوية.

ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

تتميز الزراعات اللاأرضية – خاصة المائية منها – بإمكان تطبيق وسائل لمكافحة الآفات فيها بيسر وسهولة وفاعلية كبيرة يصعب – أو يستحيل – تطبيقها فى الزراعات المحمية العادية، ومن هذه الوسائل ما يلى:

تعقيم أو تطهير المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

إن المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية ذوات النظم المغلقة – مثل تقنية الغشاء المغذى – تكون فى البداية خالية تمامًا من جميع المسببات المرضية. وإذا ما حدث وتلوثت تلك المحاليل بمسببات الأمراض فإنه يمكن تعقيمها بصورة أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيئات الزراعة الأخرى. وسبب هذه السهولة فى التعقيم أن المحلول الغذائى المستعمل يمر جميعه من خلال أنبوب واحد قبل تجميعه فى خزان المحلول.

ومن أهم الوسائل المستعملة فى تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة ما يلى:

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Utra-Violet:

تفيد هذه المعاملة – وحتى ٢٥٠ ميجا جول/ سم^{٢} – فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحاليل المغذية. فمثلاً.. وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية (572 $Jm^{-2}h^{-1}$) – لمدة ٣ ساعات يوميًا طوال فترة زراعة الطماطم – أحدث نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠–٨٠٠ × ١٠^{٣} إلى ١٠–٥٠×١٠^{٣} / مل، لكن Collins & Jensen (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجدية فى تقليل أعداد البكتيريا المسببة للأمراض فى تقنية الغشاء المغذى فى المملكة المتحدة، فإن هذه المعاملة لم تكن

مفيدة فى أريزونا؛ لأنها أحدثت نقصًا فى أعداد البكتيريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة. أعقبته زيادة أعداد البكتيريا بعد ذلك إلى ما كانت عليه قبل الإشعاع، حتى مع استمرار الإشعاع. وبينما تسببت المعاملة فى قتل الجراثيم السابحة (zoospores) لفطر الـ *Pythium* فى المحاليل المغذية، إلا أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد المخلوب إلى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات؛ وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيد من الحديد بعد كل معاملة تعريض للأشعة.

ولكن وُجِدَ — لحسن الحظ — أن طرز الحديد المخلوبة تتباين فى مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٨٢).

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلة فعالة للتخلص من البكتيريافى المحلول المغذى، كما أحدثت المعاملة تحسنًا فى النمو النباتى. وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضًا قدره ٩٨٪ فى أعداد البكتيريا — مقارنة بخفض قدره ٨١٪ فقط فى حالة الجرعات المنخفضة — إلا أن الجرعات العالية أحدثت — كذلك — نقصًا جوهريًّا فى النمو النباتى.

التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

تفيد هذه المعاملة — كذلك — فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحلول المغذى، ولكن يعتقد أنها تؤدى — مثل معاملة الأشعة فوق البنفسجية — إلى التأثير على تيسر الحديد المخلبى فى المحلول المغذى.

المعاملة بفوق أكسيد الإيدروجين

تكون المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين بمعدل ١٠٠ جم/ م^{٣} مع منشط لمدة خمس دقائق. علمًا بأن هذه الطريقة تؤثر بالأكسدة، بما قد يؤثر على كل من الحديد والمنجنيز ويقلل من تيسرهما للنبات (عن Archer وآخرين ١٩٩٧).

المعاملة بالأوزون

تكون المعاملة بالأوزون ozonation بمعدل ١٠ مجم أوزون/م^{٣} لمدة ساعة، علمًا بأن هذه الطريقة — كذلك — تؤثر بالأكسدة.

لقد وجد أن ضخ الأوزون في المحاليل المغذية بالزراعات المحمية على صورة فقاعات متناهية الصغر microbubbles يُساعد في زيادة معدل ذوبانها وبقائها في المحاليل لفترة أطول عما لو كان ضخه على صورة فقاعات أكبر millibubbles. وقد ساعد ذلك في تطهير المحاليل من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *melonis*، والبكتيريا *Pectobacterium carotovorum* اللذان تم تلويثها بهما (Kobayashi وآخرون ٢٠١١).

التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمرًا ممكنًا، وكل ما تتطلبه هو توفير حل مناسب لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه في المزرعة من جديد. ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم في بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورة طبيعية، وإما بتخصيص خزانين للمحلول يتم تعقيم المحلول في أحدهما، بينما يستعمل المحلول في الآخر، على أن يُعْكَس الأمر كلما دعت الضرورة إلى تكرار عملية التعقيم.

ويكفى تسخين المحلول المغذى لمدة ٣٠ ثانية على ٩٥°م لأجل تطهيره بدرجة مقبولة (عن Archer وآخرين ١٩٩٧).

التعقيم بالترشيح في المزارع المائية المغلقة

من السهولة بمكان تمرير المحلول المغذى على مرشحات (فلاتر) تعمل على منع مرور الكائنات المسببة للمرض قبل وصول المحلول المغذى إلى خزان التجميع. وقد استعمل Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) فلاتر تحت ميكروسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠,٢٢ مللى ميكرون) في مزارع مائية للخس، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩٪، وأحدثت تحسنًا في النمو النباتي مقارنة بمعاملة الشاهدة.

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر *Pythium aphanidermatum* يُحدث مشاكل كبيرة فى المزارع المائية المغلقة للخيار والطماطم؛ لأن جراثيمه السابحة تنتقل مع المحلول المغذى لتصيب جميع النباتات فى المزرعة. وقد أمكن مكافحة الفطر بصورة كاملة بإمرار المحلول المغذى الملوث بالجراثيم السابحة للفطر ثلاث مرات على مرشحين؛ أولهما ذو ثقوب بقطر ٢٠ ميكروميتر، وثانيهما ذو ثقوب بقطر ٧ ميكروميترات. ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) — وحده — كافيًا للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر.

هذا.. إلا أن Lillo وآخرون (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوثت مرة أخرى بالبكتيريا؛ حيث لم يجدوا فرقًا معنويًا بين أعداد البكتيريا فى المحاليل المغذية المرشحة وغير المرشحة، وكل ما تأثر بعملية الترشيح هو تواجد المركبات العضوية (الكربونية) التى كان تركيزها الكلى ٢٣ جزءًا فى المليون فى المحاليل غير المرشحة، انخفض إلى ١٥ جزءًا فى المليون فى المحاليل المرشحة، وكانت جميعها من المركبات الشبيهة بالتانين واللجنين.

وكان الترشيح الرملى البطئ slow sand filter كافٍ للتخلص من نحو ٨٢٪–٩٥٪ من فطر *Fusarium oxysporum* غير الممرض فى المحاليل المغذية بالمزارع المائية المغلقة للخس (Oberti ١٩٩٥).

ويتوقف مدى كفاءة التخلص من المسببات المرضية من المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى المغلقة — باستعمال مرشحات رملية — على كل من دقة حبيبات الرمل فى المرشحات، وسرعة عملية الترشيح. ولقد قورنت مرشحات رملية من ثلاثة أحجام لحبيبات الرمل المستخدمة فيها: دقيقة (٠,١٥ — ٠,٢٠ مم)، ومتوسطة الدقة (٠,٢–٠,٨ مم)، وخشنة (٠,٥–١,٦ مم). مع سرعتين للترشيح، هما: ١٠٠، و٣٠٠ لتر/م^{٢} فى الساعة، وذلك على نفاذ كل من الفطرين *Phytophthora cinamomi*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، وفيرس موزايك الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى للطماطم. وقد أوضحت الدراسة، ما يلى:

١–مُنع الفطر *P. cinamomi* — تمامًا — من النفاذ من خلال المرشحين الدقيق والمتوسط الدقة عندما كانت سرعة الترشيح ١٠٠ لتر/م^{٢} فى الساعة.

٢–أمكن التخلص من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *lcopersici* وفيرس موزايك الطماطم بنسبة ٩٩٪ خلال الأيام الثلاثة الأولى من الترشيح بسرعة ١٠٠ لتر/م^{٢} فى الساعة، ولكن استمر تواجدهما فى المحلول المغذى لفترة طويلة؛ أى أفادت المرشحات فى إبطاء حركتيهما، ولكنها لم تلغ تواجدهما.

٣–نفذت المسببات المرضية الثلاثة من جميع الفلاتر عندما كانت سرعة الترشيح ٣٠٠ لتر/ م^{٢} فى الساعة (Runia وآخرون ١٩٩٧).

وقد أفاد الترشيح البطئ فى الفلاتر الرملية فى تخليص المحاليل المغذية فى المزارع المائية المغلقة من مسببات بعض الأمراض، وتبين فى إحدى الدراسات أن كفاءة التخلص من مسببات الأمراض بلغت ٨٦٪. وقد أمكن باتباع تلك الطريقة إبطاء انتشار الإصابة بالذبول البكتيرى فى الطماطم بدرجة كبيرة (Mine وآخرون ٢٠٠٢).

كما نجح استعمال المرشحات المانعات للتسرب وذات الثقوب الدقيقة (leak-proof, micropore filters) فى التخلص من الجراثيم السابحة لفطر البثيم — مسبب مرض عفن بثيم الجذرى — من المحلول المغذى الدوار فى المزارع المائية للطماطم. استخدم لأجل ذلك نوعان من الفلاتر، هما:

أ– Membrane Module Filter ذات ثقوب سعة ٠,٠١ ميكروميتر يمكنه التخلص نهائيًا من الجراثيم السابحة والبكتيريا.

ب– Sediment Filter Cartridge ذات ثقوب سعة ٠,٥ ميكروميتر يمكنه التخلص من الجراثيم السابحة دون البكتيريا.

ويمكن لكلا النوعين من الفلاتر تحمل ضغط يصل إلى ٢,٥ كجم/ سم^{٢} وتسمح بإنسياب المحلول المغذى بمعدل ٥٠ لتر/ دقيقة.

تعد هذه الطريقة لتعقيم المحاليل المغذية أقل تكلفة من الطرق الأخرى، مثل المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية، والتعقيم الحراري، والتعريض للأوزون، والمعاملة بالموجات فوق الصوتية (Tu & Harwood ٢٠٠٥).

كما دُرس تأثير كل من الترشيح الفائق tangential ultrafiltration system، والترشيح البطئ خلال الرمل slow sand filtration فى التخلص من المسببات المرضية التى قد تتواجد فى المزارع المائية، واستخدام – كبديل لتلك المسببات – الفطر *Pythium oligandrum*، والبكتيريا *Bacillus subtilis*، علمًا بأنهما من الكائنات المفيدة وليستا من المسببات المرضية، ولكنهما اختيرا كموديلين للكائنات الدقيقة لسهولة زراعتهما فى البيئات الصناعية، ولعدم إضرارهما بالنباتات، ولتشابههما مع الفطريات البيضية العادية والمسببات المرضية البكتيرية. ولقد أوضحت الدراسة أن الترشيح الفائق شديد الفاعلية فى التخلص من كل من *P. oligandrum*، و *B. subtilis*، حيث لم يظهر أى أثر لهما باختبار الـ PCR فى المحاليل المغذية المرشحة. كذلك أدى الترشيح البطئ خلال الرمل إلى التخلص التام من *P. oligandrum*، ولكنه كان أقل كفاءة فى التخلص من *B. subtilis* (Belbahri وآخرون ٢٠٠٧).

ويُستدل من دراسة أجريت على انتشار جراثيم وأعضاء تكاثر الفطر *Phytophtora cactorum* مُسبب مرض عفن التاج فى المزارع المائية المغلقة للفراولة إمكان منعه بالترشيح البطئ للمحلول المغذى باستخدام الفلاتر الرملية (Martinez وآخرون ٢٠١٠).

معاملة المحاليل المغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

أدى حقن المحاليل المغذية بفقاعات دقيقة microbubbles من غاز ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط منخفض إلى تثبيط كل من الفطر *F. oxysporum* f. sp. *melonis* والبكتيريا *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. بدأ الحقن على ٤٠–٤٥ °م وضغط ٤ ميجاباسكال عند ملفات التسخين وانتهى بحرارة ١٥ °م وضغط

١,٥ ميجاباسكال عند وعاء الخلط. ولم يكن لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على نمو الخس فى المحاليل المغذية المعاملة (Kobayashi وآخرون ٢٠١٣).

زيادة الضغط الأسموزى للمحاليل المغذية

وجد أن مساحة بقع البياض الزغبى الورقية فى الخيار (التى يسببها الفطر *Pseudoperonospora cubensis*) تنخفض بزيادة الضغط الأسموزى للعصير النباتى (النُّسغ)، وذلك من خلال تثبيط الضغط الأسموزى العالى لنمو الهيفات الفطرية، أيًّا كان تركيب المحلول المغذى الذى كان متباينًا فى ضغطه الأسموزى (Tanaka وآخرون ٢٠٠٢).

التحكم فى نسب ومستويات العناصر بالمحاليل المغذية

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية – خاصة مستويات العناصر الكبرى. ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين – دورًا هامًّا فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية.

فمثلاً.. درس Dhanvantari & Papadopoulos (١٩٩٥) تأثير استعمال نسب مختلفة من البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحاليل المغذية (هى النسب: ٣٠٠: ٣٠٠، ٤٠٠ : ٢٠٠، و ٤٨٠: ١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض عفن الساق البكتيرى، الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovara* subsp. *carotovora* فى مزارع الصوف الصخرى. وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات – عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعًا – هو: ٤٣٥، و ٥٠٧، و ٦٣ ملليمترًا لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة، والمتوسطة، والعالية (المبينة أعلاه)، على التوالى.

وبدراسة تأثير التباين فى مستوى مختلف العناصر فى المحاليل المغذية بمزارع الصوف الصخرى على شدة الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى، وجد ما يلى:

١-ازدادت شدة الإصابة بالمرض جوهريًا بزيادة تركيز أى من النيتروجين الأمونيومى (مثل سلفات النشادر)، وفوسفات أحادى الصوديوم، والحديد المخلبى، وسلفات المنجنيز، وسلفات الزنك.

٢-انخفضت شدة الإصابة بزيادة تركيز أى من النيتروجين النتراتى (مثل نترات الكالسيوم) وكبريتات النحاس.

٣-قللت المستويات المنخفضة من نترات النشادر (عند ٣٩ إلى ٧٩ جزء فى المليون من النيتروجين/ لتر) من شدة الإصابة، إلا أن المستويات العالية منها (أكثر من ١٠٠ جزء فى المليون نيتروجين/ لتر) أدت إلى زيادة الإصابة بالمرض.

٤-لم تتأثر شدة الإصابة بتركيز سلفات المغنيسيوم فى المحلول المغذى (Duffy & Défago ١٩٩٩).

وتؤدى زيادة النيتروجين فى الطماطم بزيادة تركيز العنصر فى المحلول المغذى إلى:

١-زيادة القابلية للإصابة بكل من البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية، والفطر *Oidium lycopersicum* مسبب مرض البياض الدقيقى.

٢-خفض القابلية للإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*.

هذا بينما لم يكن لتركيز النيتروجين بالنبات تأثيرًا على قابليته للإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Hoffland وآخرون ٢٠٠٠).

كما تزداد قدرة نباتات الطماطم على مقاومة البكتيريا *Ralstonia solanacearum* مسببة مرض الذبول البكتيرى – فى كل من الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة – بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية؛ علمًا بأن الأصناف ذات المقاومة العالية تتميز بالقدرة العالية على امتصاص الكالسيوم (Yamazaki ٢٠٠١).

لكن ليس من الممكن الحد من إصابة الخيار فى الزراعات المحمية بالبياض الزغبى عن طريق خفض تركيز النيتروجين فى المحاليل المغذية والتحكم فى محتوى الأوراق من العنصر (Tanaka وآخرون ٢٠٠٠).

إضافة المواد الناشرة إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية

تعتمد عديد من المسببات المرضية على الجراثيم السابحة zoospores فى إحداث الإصابة، حيث يعرف حوالى ١٤٣ نوعًا من تلك المسببات المرضية المكونة للجراثيم السابحة. والتى تتباين كثيرًا فى وضعها التقسيمى (جدول ٨-٤).

جدول (٨-٤): المسببات المرضية الهامة المنتجة للجراثيم السابحة (عن Stanghellini & Miller ١٩٩٧).

الجنس	العائلة	الرتبة	الصنف
Albugo	Albuginaceae	Peronosporales	Oomycetes
Peronophythora	Pythiaceae		
phytophthora			
Pythium			
Plasmopara	Peronosporaceae		
Pseudoperonospora			
Sclerophthora			
Sclerospora			
Aphanomyces	Saprolegniaceae	Saprolegniales	
Synchytrium	Synchytriaceae	Chytridales	Chytridiomycetes
Olpidium	Olpidiaceae	Spizellomycetales	
Physoderma	Physodermataceae	Blastocladiales	
Plasmodiophora	Plasmodiophoraceae	Plasmodiophorales	Plasmodiophoromycetes
Polymyxa			
Spongospora			

تشترك تلك المسببات المرضية فى صفة مشتركة وهى إنتاجها لجراثيم غير جنسية وحيدة الخلية متحركة ذات هدب واحد أو هدبين تعرف باسم الجراثيم السابحة، وهى تُنتج إما داخل أوعية بها vesicles، وإما فى أكياس اسبورانجية sporangia. وبعد انطلاقها من أوعيتها — وفى وجود الرطوبة الحرة — فإنها تسبح لفترة قصيرة تختلف من دقائق إلى ساعات إلى أن تتمكن من خلال آلية كيميائية من رصد عائلها المناسب. وتعد الجراثيم السابحة هى المسئول الأول عن انتشار المسبب المرضى المنتج لها والتعرف على عائله المناسب.

يتبين مما تقدم أن مسببات الأمراض المنتجة للجراثيم السابحة zoospores تُحدث أخطر أمراض الجذور فى الزراعات المائية المغلقة؛ حيث تتسبب الجراثيم السابحة — التى تُحدث الإصابات الأولية — فى الانتشار السريع جدًّا للمرض عن طريق المحلول المغذى الدوّار.

وقد وجد أن المواد البيولوجية الناشرة biosurfacts — مثل الرامنولبيبدات rhamnolipids، والسابونين saponin — كان لها تأثير قوى فى مكافحة أحد تلك المسببات المرضية — وهو: *phytophthora capsici* — فى الفلفل؛ فقد أدت إضافة الرامنولبيبيد إلى المحلول المغذى بتركيز ١٥٠ ميكروجرام مادة فعالة/ مل، أو السابونين بتركيز ٢٠٠ ميكروجرام مادة فعالة / مل إلى قتل الجراثيم السابحة للفطر، ومنع انتشار الفطر بنسبة ١٠٠٪. سواء استخدم الصوف الصخرى، أم مخلوط مجهز كبيئة للزراعة. وفى غياب المعاملة بأى من المادتين الناشرتين، فإن جميع نباتات المزرعة ماتت فى خلال ٦-٧ أسابيع من عدوى السويقة الجنينية السفلى لنبات واحد بالفطر، وهو النبات الذى كان المصدر الذى حدثت منه الإصابات الثانوية. كذلك فإن حقن الرامنولبيبيد فى خط الرى — فى كل رية — أدى إلى مكافحة المرض بنسبة ١٠٠٪. ويعنى ذلك أن الناشرات الحيوية يمكن أن تكون بدائل مناسبة للمواد الناشرة الصناعية وميكروبات المكافحة الحيوية المستخدمة فى مكافحة المسببات المرضية المنتجة للجراثيم السابحة فى نظم الزراعات المائية المغلقة (Nielsen وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد استخدمت المواد الناشرة المحضرة صناعيًا synthetic biosurfactancts – التى تقلل من التوتر السطحى – فى مكافحة الأمراض التى تنتشر بواسطة الجراثيم السابحة. وكان أول استعمال لهذا الغرض فى مكافحة فيرس العرق الكبير فى الخس الذى ينتقل للخس بواسطة الجراثيم السابحة للفطر *Olpidium brassicae*؛ الأمر الذى اكتشف دون قصد حين وجد أن بعض المبيدات – مثل benzimidazole – تكافح الفطر، ثم تبين أن المواد الخاملة inert material التى توجد فى هذا المبيد – وفى عدد كبير غيره – تعد مواد ناشرة، وأنها هى التى تؤثر فى الجراثيم السابحة للفطر. وقد استخدمت بعد ذلك مادة ناشرة غير أيونية هى أجرال ٩٠ Agral 90 (إنتاج ICI) فى مكافحة المرض فى المزارع المائية التجارية للخس، ثم ثبتت فاعليته فى مكافحة فيرس بقع الكنتالوب المتحللة melon necrotic spot virus فى الخيار، والذى ينقله نفس الفطر.

وقد أعقب ذلك استخدام المواد الناشرة المصنعة فى مكافحة بعض المسببات المرضية لأمراض الجذور، مثل: *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora parasitica*، و *Phytophthora capsici*.

يؤدى استعمال تلك المواد الناشرة إلى فقدان الغشاء البلازمى للجراثيم السابحة لنفاذيتها؛ ومن ثم فقدها لقدرتها على الحركة، ثم موتها (Stanghellini & Miller ١٩٩٧).

وقد أمكن مكافحة الفطر *Olpidium brassicae* الناقل لمرض تحلل الخس الحلقى lettuce ring necrosis disease فى مزارع الغشاء المغذى للخس، وذلك بمعاملة المحلول المغذى بكل من الـ thiophenate-methyl والزنك مجتمعين، علمًا بأن المعاملة بأى منهما منفردًا لم تُعط نفس المستوى من المكافحة (Vanachter ١٩٩٥).

كما أمكن مكافحة الفطر *Phytophthora nicotianae* فى المزارع اللاأرضية للطماطم باستعمال المواد الناشرة الـ non-ionic alcohol alkoxylate (مثل MBA 1301،

و MBA 1303). أدت تلك المركبات إلى موت الجراثيم السابحة كلية وخفض إنتاج الأكياس الجرثومية الاسبورانجية لدى استعمالها بتركيز ٥ ميكروجرام/ مل. إلا أنها لم تكن مؤثرة على النمو الميسيليومى عندما استعملت بتركيز ١٠٠ ميكروجرام/ مل (De Jonghe وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بالسيليكون

عرفت أهمية السيليكون فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض منذ أواخر السبعينيات، عندما وجد أنه يفيد فى مكافحة أمراض عصفة الأرز Rice Blast، ولفحة الغمد Sheath Blight فى الأرز، والبياض الدقيقى فى الشعير، والقمح، والخيار.

وفى البداية كان يضاف السيليكون إلى التربة بكميات كبيرة وصلت إلى ٤,٥ طنًا من SiO_2/ هكتار لمكافحة البياض الدقيقى فى القمح، بينما تطلبت مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار إضافة ٢-٤ أطنان من سيليكات الكالسيوم، أو ٢,٢٥-٤,٥ طنًا من سيليكات البوتاسيوم للهكتار.

وتَلَتْ ذلك محاولة إضافة السيليكون إلى النباتات بطريقة الرش على النموات الخضرية؛ حيث استعملت كل من ميتاسيليكات الصوديوم sodium metasilicate بتركيز ٤٤٠ جزءًا فى المليون، وإيثوكسى سيلاتران 1-ethoxysilatran بتركيز ١٨٠ جزءًا فى المليون فى مكافحة مرض عصفة الأرز.

وقد وجد Menzies وآخرون (١٩٩٢) أن رش نباتات الخيار، والكنتالوب، والكوسة بمحلول سيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٧ مللى مولار سيليكون، أو إضافة السيليكون - بالتركيز نفسه- إلى المحاليل المغذية للمزارع المائية التى تنمو فيها النباتات - قبل يوم من حقنها بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* (المسبب للبياض الدقيقى فى الخيار والكنتالوب). أو بالفطر *Erysiphe cichoracearum* (المسبب للبياض الدقيقى فى الكوسة) - أحدث نقصًا معنويًا فى إصابتها بالبياض الدقيقى

مقارنة بمعاملة الشاهد. وأوضحت الدراسة أن السيليكون – وليس البوتاسيوم فى معاملة سيليكات البوتاسيوم – كان هو المسئول عن المقاومة للبياض الدقيقى.

كذلك وجد أن إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية يحد كثيرًا من الإصابة بالفطرين *Pythium ultimum*، و *Pythium aphanidermatum* فى الخيار، وكلاهما من الفطريات الخطيرة التى يمكن أن تنتشر بسرعة كبيرة فى المزارع المائية فى الظروف البيئية المناسبة. ويتبين من دراسات Cherif & Belanger (١٩٩٢)، Cherif وآخرين ١٩٩٤) أن إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (١,٧ مللى مولار) إلى المحاليل المغذية أحدثت نقصًا جوهريًا فى الإصابة بالفطر *P. aphanidermatum* (عند حقن المزارع به)، مع زيادة المحصول الكلى للخيار، والمحصول الصالح للتسويق، والوزن الجاف للنباتات مقارنة بمعاملة الحقن بالفطر دون إضافة للسيليكون. كما أوضحت الدراسة أن معاملة السيليكون وحدها – دون الحقن بالفطر – لم يكن لها تأثيرات إيجابية على النباتات.

وأدت إضافة السيليكون إلى المحلول المغذى – فى مزارع الصوف الصخرى – بتركيز ٠,٧٥ مللى مولار باستعمال ميتاسيليكات البوتاسيوم إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣,٢٪، مقارنة بمعاملة عدم إضافة السيليكون. كما أحدثت إضافة السيليكون انخفاضًا فى معدل الإصابة بالفطر *Fulvia fulva*، ولكن إضافته لم يكن لها أى تأثير على القدرة التخزينية للثمار المنتجة (Tanis ١٩٩١).

وقد أدى نمو نباتات الخيار فى محلول مغذٍ يحتوى على السيليكون إلى سرعة ترسيب العنصر فى أنسجة الورقة، وخاصة فى قواعد الشعيرات، مع زيادة فى مقاومة النباتات للفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى، مع تركيز العنصر فى نسيج البشرة حول مواقع الإصابة بالفطر (Samuels وآخرون ١٩٩١).

وفى مقابل مزايا إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية، فإنه – بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون – يُكْسِبُ الثمار لونًا شاحبًا غير عادى (Samules وآخرون ١٩٩٣).

وأمكن فى المزارع المائية مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الخيار، والكنتالوب، والكوسة بإضافة سيليكات البوتاسيوم إلى المحلول المغذى بتركيز ١,٧ مللى مولارًا من السيليكون، أو رش النباتات بمحلول من المركب ذاته بتركيز ٠,١٧ مللى مولارًا من السيليكون قبل سبعة أيام من عدواها بالفطر المسبب للمرض، حيث أدت أى من هاتين المعاملتين إلى تقليل ظهور الإصابة بالمرض (Menzies وآخرون ١٩٩٢).

وقد برهنت دراسات Fawe وآخرون (١٩٩٨) على أن السيليكون يعمل على زيادة مقاومة نباتات الخيار للفطر المسبب للبياض الدقيقى، وذلك بتحفيزه للنشاط الأيضى المضاد للفطر فى الأوراق المصابة، بتكوينه لنواتج أيضية ذات وزن جزيئى منخفض. وقد عزلت إحدى تلك المركبات — التى اعتبرت من الفيتوألاكسينات Phytialexins— وعُرِّفت بأنها فلافونول أجليكون flavonol aglycone، وتم تحديد تركيبها الكيميائى.

المعاملة بالمركبات الشيتينية

المركبات الشيتينية Chitinic هى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية. ويصنع من هذه المركبات تحضيرات تجارية تفيد فى مكافحة الأمراض النباتية؛ مثل تحضير الشيتوسان Chitosan.

وقد وجد El-Ghaouth وآخرون (١٩٩٤) أن إضافة الشيتوسان إلى المحاليل المغذية — فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — بتركيز ١٠٠ أو ٤٠٠ جزء فى المليون — أدى إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum*، ونشَّط فى النباتات عدة استجابات دفاعية؛ منها: تكوين موانع فيزيائية تركيبية structural barriers فى أنسجة الجذر، وتحفيز تكوين الإنزيمات المضادة للفطريات Chitinase، و Chitosanase، و β-1,3-glucanase فى كل من الجذور، والأوراق. وبينما لم يكن للشيتوسان تأثيرات ضارة على الخيار، فإنه أثر سلبيًا على نمو الفطر المسبب للمرض؛ حيث أحدث تورمات فى جدره الخلوية، وأدى إلى تكوين فجوات بخلاياه، وتسبب — أحيانًا — فى تحلل البروتوبلازم فيه.

وأحدثت معاملة بيئات زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥-٣٧,٥ مجم/ لتر نقصًا جوهريًا فى الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* وما يحدثه من أضرار بالنمو الجذرى وموت للنباتات، وكان التركيز الأعلى هو الأفضل فى تقليل الإصابة حيث انخفض معها معدل موت النباتات بأكثر من ٩٠٪، وكان محصول الثمار معادلاً للمحصول فى حالة غياب الفطر المرض. وقد أثر الشيتوسان من خلال زيادته مقاومة النباتات لاستعمار الفطر لها، حيث ظل الفطر فى النباتات المعاملة بالشيتوسان محصورًا فى طبقتى البشرة والقشرة، وظهر بالهيفات الفطرية اضطرابات خلوية على صورة زيادة فى الفجوات وغياب كامل للبروتوبلازم، كما تكون بالعائل حواجز تركيبية عند أماكن محاولة اختراق الفطر له، كذلك حدث فيه انسداد للأوعية الخشبية بتكوين تيلوزات tylosis، وفقاقيع، ومواد osmophilic (Lafontaine & Benharmou ١٩٩٦).

تزويد المحاليل المغذية ببكتيريا وفطريات المكافحة الحيوية

أدى إدخال أى من عدد من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للفطر *Pythium aphanidermatum* فى المحاليل المغذية للمزارع المائية للخيار إلى الحد من الإصابة بالفطر، وكانت الكائنات الدقيقة المستعملة هى:

Streptomoces griseoviridis — *Pseudomonas fluorescens*

Trichoderma harzianum — *Pythium oligandrum*

وقد ارتبطت شدة تثبيط الفطر المرض إيجابيًا بعدد الأكتينوميسيتات الخيطية المتواجدة فى المحلول المغذى بوسائد الصوف الصخرى. وقد أوصى بعدم تطهير المحاليل المغذية فى النظام المغلق حتى لا يتم التخلص من تلك الأكتينوميسيات، علمًا بأن أعداءها انخفضت قليلاً بعد المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية، وأصبحت وسطًا بعد الترشيح البطئ، بينما كانت أعلى ما يمكن فى الكنترول (Postma وآخرون ٢٠٠١).

وقد أمكن عزل سلالات من كل من البكتيريا .seudomomonas sp، و *Azospirillum* .sp، و *Bacillus* sp. من المحيط الجذرى لنباتات الطماطم والخيار فى الزراعات المائية

كانت مضادة لكل من المسببات المرضية .*Fusarium* sp، و .*Pythium* sp، و *Rhizoctonia* sp. (Chao وآخرون ١٩٩٧).

ومن أمثلة وسائل المكافحة الحيوية التى يسهل تطبيقها فى المزارع المائية المغلقة ما يلى:

إضافة بكتيريا الـ Pseudomonads

تعرف عدة أنواع بكتيرية مفيدة للنباتات تتبع الجنس *Pseudomonas*. تعيش هذه البكتيريا فى التربة فى محيط النمو الجذرى (الـ Rhizosphere) للنباتات، وتعمل على تحفيز النمو النباتى. كما تُضاد نمو وتكاثر بعض الأنواع الميكروبية الأخرى المرضة للنباتات.

وقد وجد Buysens وآخرون (١٩٩٣) أن تزويد مزارع الطماطم المائية (تقنية الغشاء المغذى) بالسلالة 7NSK2 من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* أعطى مكافحة جيدة للفطر .*Pythium* spp. وأمكن التغلب على الذبول الطرى لبادرات الطماطم بمعاملة البذور بالفطر *P. aeruginosa*، ووفرت حماية إضافية من الإصابة بالفطر؛ وذلك بإضافة البكتيريا إلى المحلول المغذى ذاته.

كذلك درس Rankin & Paulitz (١٩٩٤) تأثير إضافة عدد من عزلات النوعين البكتيريين *Pseudomonas corrugata*، و *P. fluorescens* على نمو نباتات الخيار وحمايتها من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* فى مزارع الصوف الصخرى. وعلى الرغم من تباين العزلات فى مدى تأثيرها، إلا أن كلا النوعين البكتيريين أحدثا زيادة كبيرة فى الوزن الجاف للنبات، وزيادة بنسبة ٣٢٪–٤١٪ فى عدد الثمار فى غياب الفطر. بينما كانت الزيادة فى عدد الثمار الصالحة للتسويق عند إضافة البكتيريا — مقارنة بمعاملة الشاهد — أكثر من ٦٠٠٪ فى وجود الفطر.

إضافة فطريات الميكوريزا

توفر فطريات الميكوريزا Mycorhizae — التى تعيش وهى متصلة اتصالاً بيولوجيًا وثيقًا بجذور النباتات — عدة فوائد للنباتات. لعل من أبرزها توفير العناصر المغذية

للنبات، خاصة عنصر الفوسفور، ومساعدة النبات على تحمل الظروف البيئية القاسية — خاصة ظروف الجفاف — وتوفير الحماية للنباتات من الإصابة ببعض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، خاصة تلك التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجذور.

وقد وجد Rattink (١٩٩٣) إن إضافة فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مزارع تقنية الغشاء المغذى أدت إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج والجذر الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*؛ حيث انخفضت نسبة النباتات المصابة — نتيجة لإضافة فطر الميكوريزا بنحو ٧٠٪ أو أكثر. وبالمقارنة .. فإن معاملة المزرعة المائية — بعزلة من *Streptomyces griseoviridis* أو بعزلتين غير ممرضتين non-pathogenic من الفطر *F. oxysporum*– لم تنجح فى مقاومة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى بكفاءة فطر الميكوريزا.



الفصل السادس عشر

مكافحة أمراض ما بعد الحصاد

بدائل الكلور المستخدمة فى التطهير السطحى

يُعد الكلور أكثر المطهرات استخدامًا فى صناعة المنتجات البستانية المجهزة جزئيًّا fresh-cut. هذا إلا أن ظهور حالات من التلوث الميكروبى ارتبطت باستهلاك الخضر المجهزة جزئيًّا المعاملة بالكلور أثار تساؤلات حول كفاءته فى توفير الأمان لاستخدام تلك المنتجات. كذلك توجد مخاطر بيئية وصحية لمعاملات الكلور، جعلت من الضرورى البحث عن مطهر آخر للاستخدام فى صناعة الخضر سابقة التجهيز، خاصة وقد ازدادت المطالبة بالحد من استهلاك المياه ومن مشاكل تصريفه فى الصناعات الغذائية. وقد وجد البديل للكلور فى كل من: ثانى أكسيد الكلورين chlorine dioxide، والأوزون، والأحماض العضوية، والـ peroxyacetic acid، وفوق أكسيد الأيدروجين، والـ electrolyzed oxidizing water (Olmez & Kretzchmar ٢٠٠٩).

لقد وجد أن الماء الحامضى المحلل كهربائيًا acidic electrolyzed water يُمثل بديلاً فعالاً وآمنًا لهيبوكلوريت الصوديوم للاستخدام فى التخلص من التلوث الميكروبى للغذاء؛ فهو يُعد قاتلاً لكل من البكتيريا والفيروسات، وبدرجة أقل للفطريات. بدأ استخدام هذه التقنية فى اليابان، ثم أُجريت عليها دراسات فى كل من الصين وكوريا وكندا وأوروبا، وهى طريقة مبشرة للاستخدام فى كل من الإنتاج الزراعى وعمليات التداول بعد الحصاد (Issa–Zacharia وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة الحيوية

تُعرف مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة التى تُستخدم فى المكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد فى الخضر والفاكهة، وهى تعمل إما من خلال التضادية الحيوية وإما عن طريق التنافس على الغذاء والمكان (Wilson وآخرون ١٩٩١).

ومن مميزات المكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد أن العوامل البيئية من حرارة ورطوبة يكون متحكم فيها؛ الأمر الذى يفيد فى انتظام نشاط الكائنات المستخدمة فى المكافحة. هذا .. إلاّ أن بدء المكافحة بعد الحصاد لا يفيد مع الإصابات التى تكون قد بدأت بالفعل قبل الحصاد، سواء أكانت تلك الإصابات نشطة أم فى حالة سكون، وكذلك عندما تكون المنتجات قد تعرضت للتجريح أثناء الحصاد. ولذا .. فإن المعاملات المبكرة بكائنات المكافحة البيولوجية قبل الحصاد قد تسمح بالاستعمار المبكر لتلك الكائنات لسطح الثمار؛ مما قد يوفر لها حماية من الإصابة، خاصة عند تعرضها للتجريح. ولتأمين نجاح استخدام كائنات المكافحة الحيوية قبل الحصاد، فإنها يجب أن تتحمل الأشعة فوق البنفسجية، والحرارة العالية، وظروف الجفاف. وقد نجح اللجوء إلى معاملات قبل الحصاد مع معاملات بعد الحصاد فى محاصيل مثل الفراولة والعنب والتفاح (Ippolito & Nigro ٢٠٠٠).

ينبغى أن يؤخذ فى الاعتبار عند الاعتماد على المكافحة الحيوية للأمراض بعد الحصاد أن تركيبة المنتج التجارى (formulation) وطريقة المعاملة به تلعبان دورًا أساسيًّا فى كفاءة المنتج ونجاحه فى المكافحة. ونظرًا لأن المبيدات الفطرية البيولوجية لا تكون غالبًا فى كفاءة المبيدات الكيميائية، فإن المكافحة الحيوية يجب أن تكون أحد مكونات المكافحة المتكاملة، وأن يكون الهدف هو تقليل الاعتماد على المبيدات قدر المستطاع (Spadaro & Gullino ٢٠٠٤).

مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا

أمكن مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى بمعاملة ثمار الطماطم – بعد الحصاد – بالبكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens* (Mari وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى رش درنات البطاطس – أثناء مرورها على السيور قبل تخزينها – بمعلق للسلالة S 11: T: 07 من البكتيريا *Entrobacter cloacae* إلى إحداث مقاومة للفطر

Fusarium sambucinum مسبب مرض العفن الجاف الفيوزارى بدرجة تزيد بمقدار ٥٠٪ عن تلك التى يحققها استعمال المبيد الوحيد المصرح به للاستعمال مع البطاطس المخصصة للاستهلاك الآدمى، وهو thiabendazole (عن وزارة الزراعة الأمريكية — الإنترنت — ٢٠٠٧، و Schisler وآخرون ٢٠٠٠).

وكانت لمعاملة ثمار الطماطم بأى من عدد من الأنواع البكتيرية المتوسطة القدرة على تحمل الملوحة قدرة عالية على خفض الإصابة بالفطر *Botytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى. ومن بين الأنواع البكتيرية التى تم اختبارها وأعطت نتائج جيدة، ما يلى (Sadif-Zouaoui وآخرون ٢٠٠٨):

Bacillus spp. *(subtilis or licheniformis)*

Planococcus rifietoensis

Halomonas subglaciescola

Halobacillus lutorglis

Marinococcus litoralis

Salinococcous roseus

Halovibrio variabilis

Halobacillus halophilus

Halobacillus trueperi

ووجد أن معاملة ثمار الكنتالوب بعد الحصاد بالسلالة EXWB1 من البكتيريا *Bacillus subtilis* تحد من إصابتها بأمراض بعد الحصاد، ومنها الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* التى انخفضت بنحو ٧٧,٢٪ جراء المعاملة، كما أنها تبطئ التغيرات الفسيولوجية التى تُحدثها تلك المسببات المرضية. تُفرز هذه السلالة مادة ناشرة بيولوجية تسمح للبكتيريا بالبقاء على سطح ثمرة الكنتالوب الطارد للماء hydrophobic، وتنتشر بسرعة ١٢٥ ميكروميتر/ ساعة على سطح الثمرة فى حرارة الغرفة والرطوبة العالية. تؤدى المعاملة إلى تأخير تنفس الثمار، وذروة إنتاجها للإثيلين

بنحو يومين، وتخفضه بمقدار ٧٢,٣٪. كما تحتفظ الثمار المعاملة بمحتويات عالية من السكر وفيتامين C ومستويات منخفضة من الأحماض العضوية وتحافظ على محتواها المائى وامتلائها فى حرارة الغرفة (Wang وآخرون ٢٠١٠).

مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة والفطريات الأخرى

أدى رش نباتات الفراولة أثناء إزهارها بالخميرة *Cryptococcus albidus* (وهى التى كانت قد عُزلت – أصلاً – من ثمار فراولة ناضجة) إلى خفض معدل إصابة الثمار الناضجة بالفطر *Botrytis cinerea* – مسبب مرض العفن الرمادى بنسبة تراوحت بين ٢١٪، و٣٣٪ (Helbig ٢٠٠٢).

كما أدت المعاملة المختلطة بكل من الخميرة *Candida utilis* والشيتوسان chitosan إلى مكافحة عفن ثمار الطماطم الذى يسببه الفطرين *Alternaria alternata*، و *Geotrichum candidum* (Neeta وآخرون ٢٠٠٦).

وأدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالخميرة *Pichia guilliermondii* إلى حمايتها من الإصابة بكل من الفطريات *Alternaria solani*، و *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea* دون التأثير على صفات جودة الثمار (Zhao وآخرون ٢٠٠٨ أ).

وقد أظهرت الخميرة *P. guilliermondii* الحية (وليست مزارعها المقتولة بالأتوكليف أو راشح مزارعها) قدرة على الحد من إصابة ثمار الطماطم بالفطر *Rhizopus nigricans* أثناء التخزين إذا ما عوملت الثمار بالخميرة أولاً. هذا ولا تنتج الخميرة مركبات مضادة للفطر، وإنما هى تُعد منافسًا قويًا له على كل من الغذاء والجروح التى ينفذ منها الفطر ليصيب الثمرة (Zhao وآخرون ٢٠٠٨ ب).

كما أدى رش نباتات الفراولة قبل الحصاد بالفطر *Hanseniaspora uvarum* إلى توفير حماية جوهرية للثمار من أعفان بعد الحصاد؛ فضلاً عن المحافظة على صفات الجودة فيها، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى بعض الإنزيمات ذات الصلة بالدفاع، مثل: الـ peroxidase، والـ superoxide dismutase، والـ catalase، والـ polyphenoloxidase،

والـ plenylalanine ammonia-lyase، والـ B-1,3-glucanase، والـ ascorbate peroxidase، مع انخفاض فى محتوى الـ melonidaldehyde (Cai وآخرون ٢٠١٥).

المعاملات الفيزيائية

الماء الساخن

وفرت معاملة ثمار كنتالوب الجاليا بالماء الساخن على ٥٩ ± ١°م لمدة ١٥ ثانية، مع التفريش (الحك بالفرش الدوارة) أفضل حماية لها من الإصابة بالأعفان بعد فترة طويلة من التخزين ثم التسويق، وقد استخدم فى المعاملة مُعِدَّة تجارية يمكنها معاملة ٣ أطنان من الثمار فى الساعة. وقد أوضح الفحص بالميكرسكوب الإليكترونى الماسح أن التفريش مع الماء الساخن أزال التربة والغبار وجراثيم الفطريات من سطح الثمار، كما لَحَمَ وأحكم إغلاق الفتحات الطبيعية ببشرة الثمرة جزئيًّا أو كليًّا (Fallik وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة ثمار الكنتالوب بالماء الساخن على ٥٥°م إلى تقليل إصابتها بعفن الثمار الذى يسببه الفطر *Fusarium* sp. أثناء التخزين، وذلك عندما أُجريت العدوى بالفطر المرض ٢٤ ساعة بعد الغمر فى الماء الساخن. ولقد كان مرد الانخفاض الجزئى فى إصابة الثمار المقاومة المستحثة للعائل التى حدثت بفعل الصدمة الحرارية، والتى يُستدل عليها من زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase. ومع ذلك، فإن التأثيرات القاتلة للماء الساخن، وكذلك للمعاملة باليود iodine على حرارة الغرفة، أو باليود فى الماء الساخن على ٥٥°م يُستدل منها على أن معظم الانخفاض فى الأعفان حدث عندما أُجريت تلك المعاملات بغمس الثمار بعد الحصاد. ولقد كان غمس الثمار فى اليود فى الماء الساخن على ٥٥°م بنفس فاعلية المعاملة بالمبيد التجارى guazatine بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون. وأدت المعاملة باليود فى الماء الساخن على ٥٥°م بتركيز ٣٠ جزءًا فى المليون إلى زيادة الفترة التخزينية للثمار مع المحافظة على صلابتها، كما حدث فى حالة المعاملة بالمبيد. لقد كانت

أفضل المعاملات فى مكافحة العفن بعد الحصاد هى الرش بالـ benzothiadiazole قبل الحصاد بأسبوعين ثم الغمر فى اليود على ٥٥°م بعد الحصاد (Bokshi وآخرون ٢٠٠٧).

الأشعة فوق البنفسجية

تجرى معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية — أساسًا — لأجل مكافحة بعض الإصابات المرضية، من خلال حثها للمقاومة الطبيعية فى الأنسجة النباتية الحية.

أدى تعريض درنات البطاطس للأشعة فوق البنفسجية بجرعة ١٢,٥ أو ١٥ كيلوجول/ م٢ (kJ/m^2) إلى تثبيط إصابتها بكل من العفن الجاف الذى يسببه الفطر *Fusarium solani*، والعفن الطرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* بصورة تامة، وذلك عندما كان تخزين الدرنات فى حرارة ٨°م لمدة ٣ شهور، دون أى تأثير للمعاملة على التبرعم، أو على قوام الدرنات أو صلابتها أو لونها (Ranganna وآخرون ١٩٩٧).

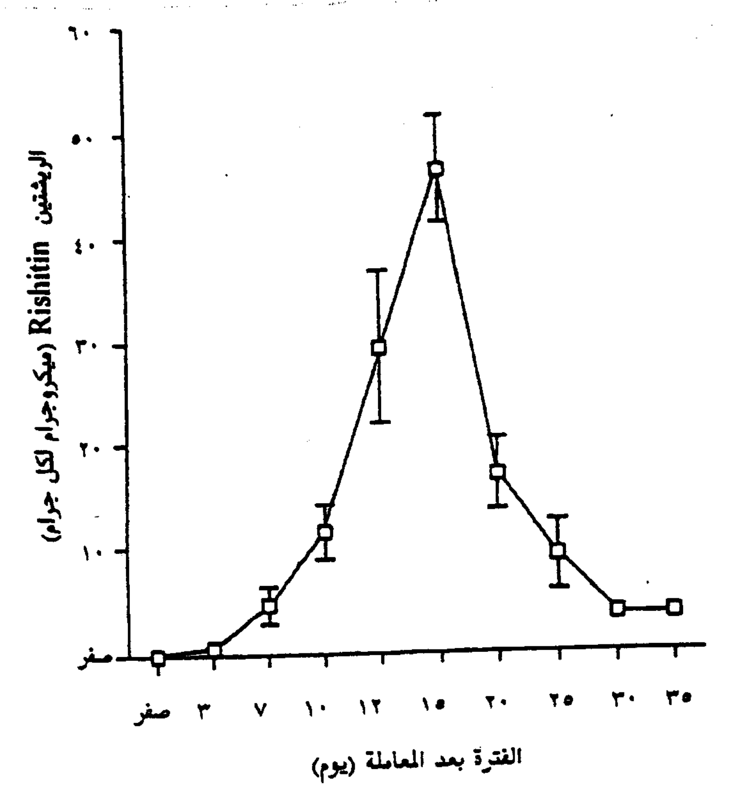
كذلك أدى تعريض درنات البطاطس المعدة لاستخدامها كتقاوٍ — أثناء التخزين — للأشعة فوق البنفسجية C (أو UV-C) بمعدل ٣٤,٥ كيلوجول kJ/ م٢ مع إضاءة فلورسنتينة إلى حمايتها من الإصابة بالعفن الطرى الذى تسببه البكتيريا *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*، مع تجنب التأثير السلبى على التبرعم الذى يحدثه التعرض للأشعة فوق البنفسجية، على خلاف الإضاءة، علمًا بأن المعاملة أدت إلى زيادة محتوى الدرنات من كل من: الـ ∝-chaconine والـ ∝-solanine (Rocha وآخرون ٢٠١٥).

ويؤدى تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية أثناء تخزينها إلى تراكم الفيتوألاكسين phytoalexin ريشتين rishitin بها (شكل ١٦-١)، وهو الذى يلعب دورًا فى مقاومة بعض الإصابات المرضية (عن Arul وآخرين ٢٠٠١).

وأدت معاملة ثمار الفلفل الحلو والطماطم بتقنية (تسمى SYNERGOLUX) تستخدم فيها الأشعة فوق البنفسجية والأوزون إلى تقليل إصابتها بالأعفان، علمًا بأن المعاملة تراوحت

بين ١٥، و ٦٠ ثانية. وقد خفضت المعاملة من نشاط الإنزيم pectinesterase فى ثمار الطماطم مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول (Mednyánszky وآخرون ١٩٩٤).

أدى تعريض ثمار الفلفل للأشعة فوق البنفسجية UV-C بأى جرعة (من ٠,٢٢ إلى ٢,٢٠ كيلوجول/م٢ kJm^2) إلى حث تكوين مقاومة جهازية بالثمار أمكن معها مقاومة الإصابة بالبوتريتس (*Botrytis cinerea*) فى الثمار المخزنة على ١٣ أو ٢٠°م (Mercier وآخرون ٢٠٠١).



شكل (١٦-١): تراكم الريشتين **rishitin** بثمار الطماطم استجابة لتعريضها للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين.

وأدت المعاملة بالـ UV-C إلى حث المقاومة ضد الإصابات المرضية فى أبصال البصل وجذور الجزر وثمار الفلفل والطماطم (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

كما أدت معاملة ثمار الفراولة بالأشعة فوق البنفسجية UV-C قبل تخزينها إلى خفض إصابتها بالأمراض والتحلل، خاصة بالفطر *Botrytis cinerea*، كما أدت إلى زيادة نشاط الإنزيمين: phenylalanine ammonia lyase، و chitinase، وكذلك بعض البروتينات ذات العلاقة بالحد من الإصابة (الـ PR proteins)، وجميعها إنزيمات وبروتينات تلعب دورًا ضد عديد من المسببات المرضية (Pombo وآخرون ٢٠١١).

كما أدت معاملة جذور البطاطا بالأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة ٣,٦ كيلوجول/م[٢] إلى الحد — بشدة — من إصابتها بالفطر *Fusarium solani* — المسبب لعفن الجذور الفيوزارى — أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الـ phenylalanine ammonia-lyase فى الجذور المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٩).

كذلك أدى تعريض الأسبرجس للأشعة فوق البنفسجية UV-C بطول موجى ٢٥٤ نانوميتر بجرعة قدرها أكثر من ٠,٠١ جول/سم٢ إلى نقص جوهرى فى معدل إصابة المهاميز بالفطر *Botrytis cinerea* تحت ظروف العدوى الصناعية به (Marquenie وآخرون ٢٠٠٢).

هذا .. ويظهر فى جداول (١٦-١) بيانًا بعديد من الأمثلة لاستخدام الأشعة فوق البنفسجية UV-C فى مكافحة أمراض المخازن فى محاصيل الخضر.

المعاملة بالزيوت الأساسية

تلعب الزيوت الأساسية دورًا كمضادات فطرية، واستخدم بعضها لهذا الغرض فى دراسات بعد الحصاد. ومن أهم مميزاتها صلاحيتها للاستعمال فى صورة أبخرة، ويعتقد بأنها تلعب دورًا فى آليات الدفاع النباتى ضد الكائنات الدقيقة الممرضة.

جدول (١٦-١): أمثلة للمعاملة بالأشعة فوق البنفسجية UV-C لأجل مكافحة أمراض المخازن فى المحاصيل البستانية (عن Terry & Joyce ٢٠٠٤).

المحصول والصنف		جرعة الـ UV-C المثلى (kJ m^{-2})	المسبب المرضى المستهدف
البصل	*Allium cepa* (onion) cv Walla Walla	٣,٥٨ – ٧,٣٣	لم يحدد
الفلفل الحلو	*Capsicum annuum* (bell pepper) cvs. Bell Boy and Delphin	٠,٨٨	*B cinerea*
		١,٣	*P. digitatum*
الكوسة	*Cucurbita pepo* (zucchini squash) cv. Tigress	٤,٩٣ – ٩,٨٦	لم يحدد
الجزر	*Daucus carota* (carrot) cv. Caropak	٤,٤ – ٨,٨	*B. cinerea*
البطاطا	*Ipomea batatas* (sweet potato) cv. Jewel and Carver	٤,٨	*Fusarium* spp. and *Rhizopus* spp.
البطاطا	cv. Georgia Jet	٣,٦	*Rhizopus* spp.
البطاطا	cv. Jewel	٣,٦	*Fusarium solani*
		١,٥	*P. digitatum*
الفراولة	*F. ananassa* (strawberry) cv. Pajaro	٠,٥ – ١,٠	*B. cinerea*
الفراولة	cv. Kent	٠,٢٥	*B. cinerea*
الفراولة	cv. Elsanta	٠,٥ – ١٥,٠	*B. cinerea*
الطماطم	*Solanum lycopersicum* (tomato)	٧,٥	*Alternaria alternata*
	cv. Tuskegee 80-130	٧,٥	*B. cinerea and Erwinia* spp.
		٣,٦	*Rhizopus stolonifer*
		٣,٧	*B. cinerea*

وقد اختبر تأثير عديد من المكونات المتطايرة لبعض الزيوت الأساسية على نمو كثير من الفطريات — التى تسبب مشاكل مرضية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد — وذلك فى البيئة الصناعية. تضمنت المكونات المتطايرة ما يلى:

(E)-anethole	p-anisaldehyde	carvacrol
(-)-carvone	1,8-cineole	(+)-limonene
myrcene	(+/-)-alpha-phellandrene	(+)-alpha-pinene

أما الفطريات التى أجرى عليها الاختبار فقد اشتملت على ما يلى:

Botrytis cinerea	*Monilina laxa*
Mucor piriformis	*Penicillium digitatum*
Penicillium italicum	*Penicillium expansum*
Rhizopus stolonifer	

ولقد حُصل على أفضل النتائج باستعمال الـ carvacrol (وهو فينول)؛ فعند تركيز ١٢٥ جزءًا فى المليون توقف نمو جميع الفطريات بصورة تامة ونهائية (بفعل fungicidal أى قاتل للفطريات) فيما عدا بالنسبة للفطر *P. italicum*، كذلك توقف إنبات جراثيم *M. laxa*، و *M. piriformis*، و *R. stolonifer* عند نفس التركيز، ولكن ليس عند تركيز ٦٢ جزءًا فى المليون.

كذلك ظهر تأثير مؤقت للنمو الفطرى (fungistatic) عندما كانت المعاملة بأى من المركبات *p*-anisaldehyde (وهو ألدهايد)، أو (-)-carvone (وهو كيتون)، أو (E)-anethole (وهو إثير ether) عند ٢٥٠-١٠٠٠ جزء فى المليون، وذلك بترتيب تنازلى لتأثير تلك المركبات (Caccioni & Guizzardi ١٩٩٤).

وأوضحت عديد من الدراسات فاعلية بعض الزيوت الأساسية فى وقف نمو الفطر *Botrytis cinerea*. ومن بين الزيوت التى تأكد جدواها فى هذا الشأن كلاً من الزعتر الأحمر *Thymus zygis*، والفصوص البرعمية لـ *Eygenia caryophyllata*، وأوراق القرفة *Cinnamomum zeylanicum*. كذلك فإن الزيت الأساسى لكل من *Monarda citrodora*، و *Melaleuca alternifolia* تظهر نشاطًا مضادًا لمدى واسع من الفطريات التى تصيب الخضر والفاكهة بعد الحصاد.

ويبدو أن تأثير الزيوت لا يرجع إلى مركب واحد بعينه فى الزيت الأساسى، وإنما إلى تأثير تداؤبى synergistic لعدد من تلك المركبات، وهى التى تتواجد فى كل زيت — عادة — بالعشرات وربما بالمئات (Sydney Postharvest Laboratory Information Sheet — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وقد أدى غمس ثمار الطماطم فى مستحلب زيت الزعتر thyme بتركيز ٥٪ أو زيت الـ oregano بتركيز ١٠٪ إلى خفض إصابتها أثناء التخزين بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Alternaria arborescens* (Plotto وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بالمركب trans-cinnamaldehyde بتركيز ١٣ مللى مول (وهو مركب يتواجد طبيعيًّا فى النباتات) إلى خفض أعداد البكتيريا والفطريات على سطح الثمرة إلى العُشر عندما كان غمس الثمار لمدة ١٠ دقائق، وإلى تأخير ظهور أى نموات فطرية لمدة أسبوع كامل عندما كان الغمس لمدة ٣٠ دقيقة مع حفظ الثمار بعد ذلك فى جو معدل على ١٨ °م؛ علمًا بأن *Penicillium* sp. كان هو الفطر السائد على كأس الثمار المخزنة (Smid وآخرون ١٩٩٦).

كذلك استخدم الكارفون carvone– الذى يُتحصل عليه من الزيت الأساسى للنبات *Carum carvi* — تجاريًّا فى منع تزريع البطاطس فى المخازن إضافة إلى أنه وفر لها حماية من الإصابة بالأعفان، وهو يتوفر تجاريًّا فى هولندا تحت الاسم التجارى TALENT (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

هذا.. ويمكن أن تنتقل يرقانة القواقع slugs (*Deroceras reticulatum*) مع درنات البطاطس من الحقول إلى المخازن إذا ما كان الموسم رطبًا وأُجرى الحصاد والتربة رطبة، حيث تنتقل اليرقانة مع الطين الذى قد يكون ملتصقًا بالدرنات؛ بما يعنى استمرار حدوث الأضرار فى المخازن. وقد وجد أن معاملة الدرنات المخزنة بمانع التبرعم المحتوى على الكارفون carvone (التحضير التجارى Talent) بمعدل ٥٠ مل من المركب التجارى لكل طن من الدرنات أدت إلى مكافحة اليرقانات فى خلال أيام قليلة (Ester & Trul ٢٠٠٠).

وإضافة إلى ما تقدم بيانه فقد أثبتت الزيوت الأساسية لنباتات أخرى جدواها فى حماية بعض المنتجات البستانية من الإصابة بالأعفان بعد الحصاد. وكان منها ما يلى (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤):

Mentha arvensis *Salvia officinalis*

Zingiber officinale

هذا .. ولم تكن أبخرة الزيوت الأساسية لكل من الزعتر والأوريجانو وحشيشة الليمون فعالة فى مكافحة مسببات أمراض ثمار الطماطم بعد الحصاد: *Botrytis cinerea*، و *Alternaria arborescens*، و *Geotrichum candidum*، و *Rhizopus stolonifer*.. لم تكن فعالة فى وقف الإصابات المرضية فى الثمار المعدية بتلك المسببات، على الرغم من أنها كانت فعالة — بدرجات متفاوتة — فى وقف نمو تلك الفطريات فى البيئات الصناعية؛ فضلاً عن أن أبخرة بعض الزيوت أحدثت أضرارًا بالثمار المعاملة عندما امتدت المعاملة لفترات طويلة. وبالمقارنة.. فإن غمس الثمار فى مستحلب زيت الزعتر بتركيز ٥٠٠٠ جزء فى المليون أو زيت الأوريجانو بتركيز ١٠٠٠٠ جزء فى المليون خفضت إصابة الثمار المحقونة بالفطرين *B. cinerea*، و *A. arborescens* (Plotto وآخرون ٢٠٠٣).

ودُرس تأثير المعاملة بخمسة زيوت أساسية (هى زيوت: الزعتر thyme، والمريمية sage، وجوزة الطيب nutmeg، والـ eucaptus، والقرفة الصينية cassia) على نمو الفطر *Alternaria alternata* فى البيئة الصناعية، حيث أظهر زيتا القرفة والزعتر نشاطًا مضادًا للفطر. وبينما ثبط زيت القرفة نمو الفطر كلية عند استعماله بتركيز ٣٠٠–٥٠٠ جزء فى المليون، فإن زيت الزعتر كان تثبيطه ٦٢٪ فقط عندما استعمل بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون. كذلك ثُبِّط إنبات جراثيم الفطر ونمو أنابيبها الجرثومية فى بيئة مرق الدكستروز والبطاطس عندما كانت المعاملة بزيت القرفة بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون. وعند معاملة الثمار ذاتها انخفضت إصابة الثمار بالفطر عندما استعمل زيت القرفة بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون (Feng & Zheng، و Feng وآخرون ٢٠٠٧).

كما دُرس تأثير الزيوت الأساسية التى حُصل عليها من النموات الهوائية لبعض نباتات العائلة الشفوية Lamiacea على مرض العفن الرمادى بالطماطم، الذى يسببه الفطر *B. cinerea*. حُصل على الزيوت من نباتات الأوريجانم origanum (وهو: *Origanum syriacum* var. *bevanil*)، والخُزامى lavender (وهو: *Lavandula stoechas* var. *stoechas*)، وحصى البان أو إكيل الجبل rosemary (وهو: *Rosmarinus officinalis*). ولقد وجد أن كلاً من أبخرة الزيوت، والزيوت ذاتها تثبط نمو الفطر *B. cinerea* بدرجة تتناسب طرديًّا مع التركيز المستخدم منها، وكان تأثير الأبخرة أكثر ثباتًا من تأثير التلامس المباشر مع الزيوت. وأدت المعاملة بأبخرة الأوريجانم بتركيز ٠,٢ ميكروجرام/مل من الهواء إلى التثبيط الكامل لنمو الفطر، ولم يحدث ذلك بفعل أبخرة الخزامى وحصى البان إلاّ عندما استخدما بتركيز ١,٦ ميكروجرام/مل من الهواء. وبالنسبة لمعاملات الملامسة مع الزيوت ذاتها، فقد ثبط زيت الأوريجانم نمو الفطر عندما استعمل بمعدل ١٢,٨ ميكروجرام/مل، أما الزيتان الآخران فقد كانا فعَّالين عندما استخدما بمعدل ٢٥,٦ ميكروجرام/مل. وقد أحدثت الزيوت تغيرات موروفولوجية كبيرة ضارة فى هيفات الفطر شملت تجلط السيتوبلازم وامتلائه بالفجوت، والضمور، والتسرب الأيونى، ومنع تكوين الجراثيم الكونيدية (Soylu وآخرون ٢٠١٠).

ولقد قدَّم Sivakumar & Bautista-Baños (٢٠١٤) عرضًا شاملاً لاستخدامات الزيوت الأساسية فى مكافحة أمراض بعد الحصاد فى الحاصلات البستانية، وتأثيراتها وكيفية فعلها فى الآليات الدفاعية للنسيج النباتى، وكذلك تأثيراتها على صفات جودة الثمار الطازجة.

المعاملة بمركبات الأيض الثانوية كمثيرات للمقاومة

يُعرف حاليًا حوالى ١٠٠٠٠ من مركبات الأيض النباتى الثانوية — التى أمكن التعرف على تركيبها الكيميائى — والتى ثبت أن لها خاصية التضادية الحيوية للمسببات المرضية، ولكن العدد الحقيقى قد يصل إلى ٤٠٠٠٠٠ مركب يمكن أن يلعب

معظمها دورًا أساسيًا فى التفاعلات بين العوائل النباتية والمسببات المرضية. ونظرًا لأصلها النباتى فإن تلك المركبات تتحلل بيولوجيًا ولا يتبقى أثر منها فى البيئة (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

ونلقى الضوء فى هذا المقام على المعاملات التى تتضمن بعض مركبات الأيض الثانوية، مثل:

المثيل ساليسيلات

أدى تبخير ثمار الفراولة بالـ methyl salicylate إلى خفض إصابتها بالعفن الرمادى بنسبة الثلث مقارنة بالإصابة فى ثمار الكنترول. وقد تحول الـ methyl salicylate فى الثمار إلى حامض سلسيلك وأدى إلى زيادة نشاط الشيتينيز (Kim & Choi ٢٠٠٢).

حامض الجاسمونك والميثيل جاسمونيت

يعد كل من حامض الجاسمونك jasmonic acid، والميثيل جاسمونيت methyl jasmonate — اللذان يطلق عليهما معًا اسم jasmonates — من الهرمونات الطبيعية المنظمة للنمو النباتى، والتى يعرف وجودها فى المملكة النباتية على نطاق واسع. وهى تتراكم فى الأنسجة النباتية التى تتعرض للإصابة بالمسببات المرضية، بما يفيد بأنها تلعب دورًا فى حث النظام الدفاعى فى النباتات. ولقد تبين أنها تنشط الجينات التى تشفر لتمثيل مضادات الفطريات مثل الـ thionin، والـ osmotin، وبعض الفيتوألاكسينات.

ولقد استخدم الـ methyl jasmonate كمعاملة بعد الحصاد للحد من إصابة الفراولة بالعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cnerea*.

ومما يميز الـ methyl jasmonate أنه متطاير فلا توجد حاجة لغمر الثمار فى الماء، كما أن رائحته زكية. ومن خصائصه الارتباط بالمواد البوليميرية؛ مما يطيل من فترة تواجده فى المخازن المعاملة. أما حامض الجاسمونيك فهو قابل للذوبان فى الماء، مما يجعله صالحًا لمعاملات الغمر (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

تفيد معاملة ثمار الفراولة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate فى مكافحة الأعفان. وهذا المركب رخيص نسبيًّا ولا يلزم للمعاملة به سوى كميات بسيطة، فلا يحتاج الأمر لأكثر من ٢٥ مل (سم٣) منه لمعاملة حمولة شاحنة كاملة، وهو لا يترك أى أثر متبق.

تجرى المعاملة فى حرارة ٢٠°م باستعمال أبخرة المركب، ولهذا السبب فإنها ربما لا تكون مجدية مع محصول التصدير الذى يتعين تبريده أوليًّا فى خلال ساعة واحدة من حصاده، بينما تتطلب المعاملة بالمركب ساعتين على الأقل.

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بأبخرة المثيل جاسمونيت إلى تثبيط إنتاج الجراثيم وإنباتها فى الفطر المسبب للأنثراكنوز *Colletotrichum coccodes* على الرغم من عدم تأثير تلك الأبخرة على إنبات جراثيم الفطر وتكوين مستعمراته فى البيئات الصناعية، بما يعنى أن المثيل جاسمونيت يؤثر على الفطر فى الثمار من خلال دور له فى التفاعلات بين الثمار والفطر الممرض (Tzortzakis ٢٠٠٧).

الأيزوثيوسيانات

أدى تبخير ثمار الفراولة بعد الحصاد بالـ allyl-isothiocyanate (بمعدل ٠,١ مجم/ لتر) لمدة ٤ ساعات إلى خفض إصابتها بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى (Ugolini وآخرون ٢٠١٤).

مركبات عطرية طبيعية أخرى تنتجها الثمار

تتميز المركبات الطبيعية المسئولة عن النكهة المميزة لعديد من النباتات بخصائص تجعلها مناسبة لاستعمالها فى معاملات بعد الحصاد للمحاصيل البستانية، ومن أهم تلك الخصائص أنها متطايرة volatile. وقليلة الذوبان فى الماء، وسهلة الإدمصاص، وقليلة أو عديمة السمية نظرًا لكونها مركبات طبيعية، وتعطى تأثيرها عند تركيزات شديدة الانخفاض.

ولقد وجد – على سبيل المثال – أن عددًا من المركبات المتطايرة التى تنتجها ثمار الخوخ أثناء نضجها تعد شديدة السمية للفطريات. كما وجد أن مقاومة الفراولة للإصابة بالأعفان عند تخزينها فى تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون مردها إلى إنتاج الثمار لتركيزات عالية من الأسيتالدهيد وخلات الإثيل ethyl acetate تحت تلك الظروف. ولقد تبينت فاعلية الأسيتالدهيد فى مكافحة عديد من الكائنات الدقيقة – الفطرية والبكتيرية – المسببة للأعفان.

ومن المواد الأخرى القابلة للتطاير المسئولة عن النكهة والتى أظهرت قدرة على الحد من الإصابة بالأعفان غير الأسيتالدهيد ما يلى:

ethanol	cinnamaldehyde	benzaldehyde
2-nonanone	nerolidol	benzyl alcohol
(C_6)aldehydes	Hexenel	(E)-2-Hexanal

(Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وقد وجد أنه يفيد تبخير ثمار الفراولة ببعض الغازات والمركبات العطرية القابلة للتطاير والتى تنتجها ثمار الفراولة بصورة طبيعية.. يفيد استعمالها فى تثبيط نمو الكائنات المسببة للأعفان، ولكن يتعين تحديد التركيز الذى يحقق الهدف دون التأثير على طعم الثمار أو نكهتها. ودون ترك أى متبقيات غير مرغوب فيها على المنتج الطازج. فمثلاً.. وجد أن المعاملة بغاز الأسيتالدهيد acetaldehyde بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ٤ ساعات أدى إلى خفض الإصابة بالعفن الرمادى بنسبته ٢٠٪ مع تحسين طعم الثمار ونكهتها كذلك. هذا.. إلا أن الأسيتالدهيد يمكن أن يقلل من حموضة الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة، وإلى زيادة محتواها من الكحول الإثيلى؛ والإثيل أسيتيت ethyl acetate، والإثيل بيوتريت ethyl butyrate. كذلك يمكن للمركبين الطبيعيين اللذان تنتجهما ثمار الفراولة، وهما: bezylaldehyde، و 2-nonanone .. يمكنهما تثبيط نمو الفطر *B. cinerea* دون إحداث تأثير سلبى على طعم الثمار أو نكهتها (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

كذلك أثبت المركب (E)-2-hexenal فاعلية فى مكافحة أعفان الثمار. وظهر — فى البيئات الصناعية — أن عملية إنبات جراثيم الفطر *B. cinerea* كانت أكثر حساسية للمركب عن عملية نمو الغزل الفطرى. وقد أدت التركيزات المنخفضة من المركب إلى تحفيز النمو الفطرى، وهو الأمر الذى حدث — كذلك — عند معاملة الثمار ذاتها؛ مما يعنى ضرورة زيادة تركيز المركب لكى يكون فعّالاً فى تثبيط أعفان الثمار بعد الحصاد (Fallik وآخرون ١٩٩٨).

كذلك أدت معاملة الفراولة بهذا المركب العطرى المتطاير (E)-2-hexenal إلى إحداث نقص جوهرى فى الإصابة بالعفن الرمادى عند إجراء المعاملة أثناء تخزين الثمار لمدة ٧ أيام على ٢°م ، ثم نقلها — بعد توقف المعاملة — إلى ٢٢°م لمدة ٣ أيام، وذلك مقارنة بثمار معاملة الكنترول. وبالمقارنة فإن المعاملة بأى من المركبات العطرية -2-(E) hexenal diethyl acetal، أو benzaldehyde، أو methyl benzoate لم تكن مؤثرة (Ntirampemba وآخرون ١٩٩٨).

وعندما عرضت ثمار فراولة مصابة طبيعيًّا بالفطر *B. cinerea* لأبخرة عديد من المركبات المتطايرة التى تتواجد طبيعيًّا فى الثمار. وجد أن الكثير من تلك المركبات، مثل: benzaldehyde، و methyl benzoate. و methyl salicylate، و 2-nonanone، و -2 hexenal diethyl acetal. و (E)-2-hexen-1-ol تثبط نمو الفطر عند تركيزات منخفضة تقدر بالجزء فى المليون. كذلك كان لبعض المركبات تأثيرات سلبية على جودة الثمار. وبينما كانت بعض المركبات فعّالة بعد فترة قصيرة من المعاملة بها، لزم استمرار المعاملة على الدوام بمركبات أخرى لكى تكون فعّالة (Archbold وآخرون ١٩٩٧).

المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا

حامض الخليك

يفيد التبخير بحامض الخليك كوسيلة للتعقيم السطحى لمنتجات الخضر والفاكهة الطازجة، وهو منتج طبيعى لا ضرر منه على صحة الإنسان. ولا يقتصر فعل حامض

الخليك على خفض الرقم الأيدروجينى فقط، وإنما يتعداه إلى اختراقه للخلايا الميكروبية، وإحداث سميته فيها. ولقد أفادت المعاملة بأبخرة حامض الخليك فى مكافحة عديد من الأعفان فى التفاح والعنب والمشمش والبرقوق والكريز (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسات Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن تبخير ثمار بعض المحاصيل (الطماطم، والتفاح، والعنب، والبرتقال، والكيوى) بعد الحصاد بحامض الخليك بتركيزات تراوحت بين ٢,٠ و٤,٠ مجم/ لتر من الهواء (بعد حقنها بفطريات متنوعة؛ هى: *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum*، و *P. italicum*) منع تعفنها دون أن تحدث أية تأثيرات سلبية بها. وقد أدت زيادة الرطوبة النسبية (من ١٧٪ إلى ٩٨٪) إلى زيادة فاعلية المعاملة عندما أجريت على أى من ٥°م أو ٢٠°م.

كما أوضحت بعض الدراسات أن معاملة ثمار عدد من النباتات بأبخرة حامض الخليك يمكن أن تثبط الإصابات الفطرية بفاعلية. ولقد وجد أن التبخير ثلاث مرات ببخار حامض الخليك بتركيز ٢ مجم/ لتر أحدثت خفضًا فى إصابة ثمار الفراولة بالفطر *Botrytis cinerea* بنسبة ٥٦٪، بينما أحدثت معاملة التبخير مرة واحدة بتركيز ٦ مجم/ لتر إلى خفض الإصابة بنسبة ١٢٪ (Hassenberg وآخرون ٢٠١٠).

حامض الأراشيدونك

أدت معاملة الخس بحامض الأراشيدونك arachidonic acid إلى إحداث زيادة جوهرية فى نشاط كل من الـ guaiacol peroxidase، والـ polyphenol oxidase، والـ protease؛ إضافة إلى زيادة مقاومته للإصابة بفطر العفن الرمادى *Botrytis cinerea* (Zlotek & Wojcik ٢٠١٤).

الشيتوسان

إن الشيتوسان chitosan — وهو اسم لطراز (منزوع الأستيل) deacetylate من الشيتين chitin الذائب — هو مركب طبيعى يتحلل بيولوجيًا، ويحصل عليه من القشرة

الصلبة للقشريات، مثل السرطان (السلطعون) والجمبرى، والذى تتوافق خصائصه مع طبيعته متعددة الكاتيونات polycationic. ولقد أثبت الشيتوسان قدرة على مكافحة عديد من أمراض قبل وبعد الحصاد فى عديد من الحاصلات البستانية، ومنها أمراض تتواجد مسبباتها فى التربة، وأخرى تصيب النموات الخضرية، كما أن منها أمراض فطرية وبكتيرية وفيروسية.

يتميز الشيتوسان والمركبات التى تشتق منه بكونها قادرة على حماية النباتات من الإصابات الفطرية بما لها من قدرة على أن تكون مضادة لها. يمكن لتلك المركبات بتركيزات شديدة الانخفاض أن تستحث آليات دفاعية فى النباتات ضد المسببات المرضية. ويمكن استعمالها على صورة محاليل، أو مساحيق، أو كأغلفة للبذور والثمار (Tipathi & Dubey ٢٠٠٤).

ويعد الشيتوسان أحد المكونات الهامة للجدر الخلوية لبعض مسببات الأمراض الفطرية.

ويُستخلص الشيتوسان من محارات الأحياء البحرية كما أسلفنا، كما ينتج من الشيتين chitin الذى يتواجد بالهيكل الخارجى للحشرات، وهو مركب عديد التسكر ذات وزن جزيئى عالٍ وقابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. هذا المركب غير سام وآمن بيولوجيًّا، ويعد من أفضل المركبات التى يمكن استعمالها فى تغليف ثمار الخضر والفاكهة الطازجة لمنع فقدها للرطوبة وتحوير تركيب جوها الداخلى، فضلاً عما يحدثه المركب من حث لإنتاج إنزيم الشيتينيز chitinase الذى يعمل كإنزيم دفاعى (Zhang & Quantick ١٩٩٨).

ولقد أوضح الفحص المجهرى أن الشيتوسان يؤثر بصورة مباشرة على مورفولوجى الفطريات المرضة؛ بما يظهر تأثيره المثبط fungistatic والقاتل fungicidal. وإلى جانب تأثيره المباشر، فإن الشيتوسان يستحث سلسلة من التفاعلات الدفاعية ترتبط بالأنشطة الإنزيمية. ولقد وجد أن الشيتوسان يزيد إنتاج إنزيمات الـ glucanohydrolases،

والمركبات الفينولية، وتمثيل فيتوألاكسينات معينة ذات نشاط مضاد للفطريات، وكذلك فإنها تقلل من الإنزيمات المحللة، مثل الـ polygalacturonases. كما يستحث الشيتوسان تكوين الحواجز النباتية، مثل تمثيل المواد الشبيهة باللجنين. وفى بعض الأحيان أدت المعاملة بالشيتوسان إلى زيادة المحصول فى غياب المسببات المرضية.

وبسبب قدرة الشيتوسان على تكوين غطاء شبه منفذ، فإنه يُسهم فى إطالة فترة صلاحية المنتجات البستانية للتخزين؛ نتيجة لخفضه لمعدل التنفس ومعدل فقد الماء منها.

ولكونه مادة غير سامة تتحلل بيولوجيًّا، وأنه مُستحِث للأنشطة الدفاعية، فإن الشيتوسان يمكن الاعتماد عليه للحماية من الإصابات المرضية دونما استخدام للمبيدات (Bautista-Banos وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد وجد أن استعمال الشيتوسان بتركيز ١٪ أو ٢٪ (وزن/حجم) كغلاف لثمار الفراولة أدى إلى خفض أعفان الثمار جوهريًّا عند تخزينها على ١٣°م، وأحدث زيادة جوهرية فى نشاط كل من الشيتينيز والـ β-1,3-gluconase مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول. ولقد كان تأثير استعمال الشيتوسان فى مكافحة الأعفان التى يسببها الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus* spp. مماثلاً — تقريبًا — لتأثير المعاملة بالمبيد الفطرى TBZ. وفضلاً عن ذلك كان للشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من حامض الأسكوربيك والأنثوسيانين (Zhang & Quantick ١٩٩٨).

وإلى جانب تأثير الشيتوسان على إصابات الفراولة المرضية، فقد وجد أن له — كذلك — تأثير مضاد لعديد من الفطريات، كما اتضح من دراسات استعمل فيها المركب كغلاف لثمار الطماطم والفلفل الحلو والخيار (عن Reddy وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أدت معاملة مكان اتصال عنق ثمرة الطماطم بالثمرة (مكان قطف الثمرة) بالشيتوسان chitosan إلى تثبيط إصابة الثمرة بالفطر *Alternaria alternata* مسبب

مرض العفن الأسود. وذلك عندما تم حقنها بالفطر وخزنت على ٢٠°م لمدة ٢٨ يومًا. وكان ذلك التأثير لمعاملة الشيتوسان مصاحبًا بضعف فى نشاط الإنزيمات المحللة للأنسجة (polygalacturonase، و cellulase، و pectic lyase) فى النسيج المجاور للبقع المرضية، حيث انخفض نشاطها إلى أقل من ٥٠٪ مما كان عليه الحال فى ثمار المقارنة التى لم تُعامل بالشيتوسان. كذلك ثبطت المعاملة بالشيتوسان إنتاج الثمار لكل من حامضى الأوكساليك والفيوماريك (oxalic & fumaric acids) وهما من المركبات المخلبية، وكذلك سموم العائل alternariol، و alternariol monomethylether، وحفزت إنتاج الفيتوألاكسين ريشتين rishitin فى أنسجة الثمرة (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة الجزر المخزن بالـ chitosan hydrolysate (وهو الذى يحضر من الـ chitosan بفعل الإنزيم *Streptomyces* N-174 chitosanase) بتركيز ٠,٢٪ (وزن/ حجم) إلى حماية جذور الجزر من الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* أثناء التخزين، بحثها الجذور على تطوير مقاومة ضد الفطر (Molloy وآخرون ٢٠٠٤).

وتبين من الدراسات على مزارع الفطر *Botrytis cinerea* (مسبب مرض العفن الرمادى) — التى أضيف إليها الشيتوسان — أن النشاط المضاد للفطر ازداد مع انخفاض الوزن الجزيئى للشيتوسان المستخدم. وعندما أُجريت الدراسة على ثمار الطماطم قللت معاملة الشيتوسان جوهريًّا الإصابة بالعفن الرمادى، وأدت جميع الأوزان الجزيئية المستخدمة من المادة — بتركيز ٢٠٠٠ أو ٤٠٠٠ مجم/ لتر — إلى مكافحة تامة للفطر فى الثمار التى جُرِّحت ولُقِّحت بالفطر. وكان الشيتوسان ذات الوزن الجزيئى ٥,٧ × ١٠⁴ جم/ مول هو الأكثر كفاءة من بين كل الأوزان الجزيئية التى دُرست من الشيتوسان. كذلك تناسبت مكافحة الفطر طرديًا مع التركيز المستخدم من الشيتوسان، أيًّا كانت ظروف التخزين. وإلى جانب النشاط المضاد للفطريات فإن الشيتوسان استحث وسائل دفاعية فى النسيج النباتى؛ حيث ازدادت الفينولات الكلية الذائبة، وازدادت نشاط الـ polyphenoloxidase والمحتوى البروتينى الكلى (Badawy & Rabea ٢٠٠٩).

وأدى تغليف ثمار الفلفل بالشيتوسان إلى تثبيط التلف الميكروبى وإطالة فترة التخزين الممكنة، وأسهم تغليف الثمار بالجيلاتين فى المحافظة على صلابة الثمار لكنه لم يسمح بإطالة فترة التخزين؛ هذا.. بينما أدى تغليف الثمار بمركب مؤلف من الشيتوسان والجيلاتين معًا — وهو مأكول- إلى خفض التحلل الميكروبى جوهريًّا، وحسَّن قوام الثمار، وأطال فترة التخزين البارد الممكنة حتى ٢١ يومًا دون التأثير على تنفس الثمار ومحتواها من العناصر المغذية (Poverenov وآخرون ٢٠١٤).

المعاملة بمركبات كيميائية مضادة للفطريات والبكتيريا

مركبات الكالسيوم

اقتُرحت معاملة ثمار الخيار بالكالسيوم قبل تعرضها للإصابة بالفطر *Botrytis cinerae* لأن المعاملة يمكن أن تزيد من مقدار الكالسيوم المرتبط بالجدر الخلوية؛ وبذا تقل فرصة هضم الكالسيوم بواسطة إنزيمات الفطر البكتينوليتية pectinolytic enzymes (Chardonnet & Doneche ١٩٩٥).

كما أدى غمر ثمار الكنتالوب المجروحة صناعيًّا فى محلول كلوريد كالسيوم بتركيز ١١٪ Ca^{+2} إلى خفض إصابتها بالفطر *Myrothecium roridum* المسبب للعفن إلى نحو ٦٦٪ من شدة إصابة ثمار الكنترول. ونظرًا لأن الكالسيوم لم يكن له تأثير مباشر على الفطر فى البيئات الصناعية؛ لذا.. يعتقد بأن العنصر يُحدث تأثيره بطريق غير مباشر، وذلك من خلال تأثيره على تطور الفطر المرض فى النسيج الثمرى (De Lima وآخرون ١٩٩٨).

ووجد أن مقاومة البطاطس لبكتيريا العفن الطرى، والتفاح للفطر *Penicillium expansum* تزداد بزيادة محتوى أنسجتها من عنصر الكالسيوم (عن Conway وآخرين ١٩٩٤).

فوق أكسيد الأيدروجين

أفادت جميع التركيزات التى استخدمت من كل من فوق أكسيد الأيدروجين، وكلوريد الكالسيوم، والشيتوسان فى مكافحة مسببات أمراض الفراولة بعد الحصاد فى

كل من البيئة الصناعية وبالثمار؛ والتى شملت كلاً من *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer*، حيث أبطأت المعاملة — بأى تركيز — من النمو الخطى للفطريات وتجرثمها، وحدث توقف تام لها عند تركيز ١,٥٪، و ٢,٠٪، وذلك فى البيئات الصناعية. وحدث انخفاض جوهرى فى إصابة الثمار بالأعفان، كان أقواه عندما كانت المعاملة بكلوريد الكالسيوم، ثم بفوق أكسيد الأيدروجين ثم بالشيتوسان. وكان التأثير الأقوى لمعاملتى كلوريد الكالسيوم والشيتوسان عندما أجريتا قبل العدوى الصناعية بفطريات الأعفان باثنتى عشرة ساعة، بينما حدث العكس بالنسبة لمعاملة فوق أكسيد الأيدروجين؛ مما يجعل هذه المعاملة الأخيرة أقوى فى حث دفاعات الثمار ضد نشاط الفطريات المرضة. كما يُستفاد من الدراسة أن هذه المركبات الكيميائية تعمل كمبيدات فطرية بالملامسة وجهازية، نظرًا لما كان لها من تأثير حماية وآخر علاجى (El-Mougy وآخرون ٢٠٠٨).

الأوزون

أظهرت معاملة جذور الجزر — أثناء التخزين — بالأوزون بتركيز ٦٠ ميكروليتر/ لتر نقصًا قدره ٥٠٪ فى النمو اليومى لكل من الفطرين *Botrytis cinerea* ، و *Sclerotinia sclerotiorum*؛ مما يدل على أن للأوزون تأثير فطرى مثبط fungistatic (Liew & Prange ١٩٩٤).

كما أدى تعريض ثمار الطماطم — بعد الحصاد — للأوزون بتركيزات تراوحت بين ٠,٠٠٥، و ٥,٠ ميكرومول/ مول إلى الحد من إصاتها بكل من الفطرين *Alternaria alternata* مسبب مرض البقع السوداء، و *Colletotrichum coccodes* مسبب مرض الأنثراكنوز، كما ازداد تأثير المعاملة بزيادة تركيز الأوزون المستعمل، إلاّ أن تركيز ٠,٢ ميكرومول/ مول — وهو الحد الأقصى الحرج المسموح به فى دول السوق الأوروبية لكى لا تتأثر صحة الإنسان — كان مؤثرًا للغاية فى الحماية من إصابة الثمار بأى من الفطرين. هذا.. ولم تكن المعاملة بالأوزون مؤثرة على الفطر فى البيئات الصناعية؛ بما يدل على أن تأثير الأوزون فى النبات يرجع — ولو جزئيًا — إلى تغيرات يُحدثها فى التفاعلات بين الثمار والمسببات المرضية (Tzortzakis وآخرون ٢٠٠٨).

سلفيد الأيدروجين

وجد أن التبخير بسلفيد الأيدروجين hydrogen sulfide (أو H_2S) بمعدل ١- ٢,٥ مللى مول من NaHS/لتر ثبط بفاعلية كبيرة نمو ثلاثة من المسببات المرضية الهامة للبطاطا، هى: *Rhizopus nigricans*، و *Mucor rouxianus*، و *Geotrichum candidum*، وذلك فى البيئة الصناعية، كما أدى تبخير البطاطا بسلفيد الأيدروجين إلى الحد كثيرًا من تحلل وشيخوخة شرائح البطاطا. وربما يفيد المركب كبديل جديد لمبيدات البطاطا التى تُستعمل فى مكافحة العفن الأسود والعفن الطرى (Hu وآخرون ٢٠١٤).

أملاح البيكربونات

أفادت المعاملة بأى من بيكربونات البوتاسيوم، أو بيكربونات الصوديوم فى مكافحة الفطر *Alternaria alternata* فى ثمار الفلفل بعد الحصاد (Ziv وآخرون ١٩٩٤).

حامض الجبريلليك

أدت معاملة الكرفس بحامض الجبريلليك قبل التخزين على ٢ْم إلى خفض نسبة الإصابة بالعفن — بعد شهر من التخزين — إلى ٧٪ فقط مقارنة بنسبة ٣٤٪ فى معاملة الشاهد. ويبدو أن هذا التأثير كان مرده إلى إبطاء الجبرالين لتحول مركب (+) marmesin الشديد الفاعلية ضد الفطريات إلى مركب psoralens الأقل فاعلية والمسئول فى نفس الوقت عن الحالة الطبية phytophotodermatitis التى تصيب العاملين فى حقول الكرفس والمشتغلين بتداول المحصول بعد الحصاد (Afek وآخرون ١٩٩٥).

أكسيد النيتروز

أدى تعريض بعض أنواع الثمار لغاز أكسيد النيتروز nitrous oxide (NO_2) بتركيز ١٠٪، أو ٣٠٪، أو ٥٠٪، أو ٨٠٪ مخلوطًا مع الأكسجين بنسبة ٢٠٪ إلى تأخير ظهور الإصابة بعديد من الفطريات التى حقنت بها، وإلى إبطاء اتساع البقع المرضية، وتوقف مدى تأثير المعاملة على تركيز الغاز ومدة المعاملة. ويعتقد بأن ذلك التأثير يرجع إلى التأثير المثبط المباشر للغاز على النمو الفطرى، بالإضافة إلى دور المعاملة فى زيادة المقاومة الطبيعية لأنسجة العائل.

وقد كانت الفطريات التى استخدمت فى الدراسة وتأثرت بالمعاملة كما يلى:

العائل	الفطريات
التفاح	*Alternaria alternata*
	Penicillium expansum
الفراولة	*Botrytis cinerea*
	Fusarium oxysoirum f. sp. *fragariae*
	Rhizopus stolonifer
اليوسفى	*Geotrichum candidum*
الطماطم	*F. oxysorum* f. sp. *lycopersici*
الكاكى	*Colletotrichum acutatum*
الجوافة	*R. stolonifer*

(Qadir & Hashinaga ٢٠٠١)

الـ 2,5-DMBA

أدى غمس ثمار الكنتالوب الأملس (التى قطفت قبل وصولها لمرحلة النضج البستانى بنحو ١٠ أيام) فى الماء الساخن على ٥٠°م لمدة دقيقتين أو رشها الـ 2,5-dimethoxybenzoic acid (اختصارًا: 2,5-DMBA) بتركيز ٠,٠١ مول إلى توفير حماية فعالة لها من الإصابة بالأعفان فى المخازن على حرارة ١٥°م (Di Venere وآخرون ٢٠٠٠).

المعاملة بمثيرات المقاومة المستحثة للأمراض

تتضمن مثيرات المقاومة المستحثة للأمراض فى المنتجات البستانية بعد الحصاد عديدًا من المستحثات (وهى التى سبقت مناقشة بعضها فى هذا الفصل)، والتى منها ما يلى:

أولاً: المثيرات الكيميائية

تقسم المثيرات الكيميائية – بدورها – إلى الفئات التالية:

١– مثيرات عضوية طبيعية:

من أمثلة تلك المثيرات ما يلى:

أ– حامض السلسيلك.

ب– الشيتوسان.

٢- مثيرات غير عضوية:

من أمثلة تلك المثيرات ما يلى:

أ- حامض الفوسفونيك phosphonate.

ب- أملاح حامض الفوسفونيك مثل فوسفونات البوتاسيوم.

٣- مثيرات عضوية مخلقة صناعيًّا.

من أمثلة تلك المثيرات ما يلى:

أ- الـ INA (وهو 2,6-dichloroisonicotinic acid)

ب- الـ Acibenzolar (وهو: benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester)، ويعرف اختصارًا بالأسماء: ASM، وBTH ، و CGA 245704، ومن منتجاته التجارية Bion، و Actigard.

ويظهر فى جدول (١٦-٢) أمثلة لبعض المستحثات الكيميائية للمقاومة ضد أمراض بعد الحصاد فى محاصيل الخضر.

جدول (١٦-٢): أمثلة لبعض المستحثات الكيميائية للمقاومة ضد أمراض بعد الحصاد فى بعض الخضر (Terry & Joyce ٢٠٠٤).

المحصول		المستحث الكيميائى	المسبب المرضى المستهدف
الكرفس	*Apium graveolens* (celery)	Gibberellic acid	*B. cinerea*
الكنتالوب	*Cucumis melo* (rock and hami melon)	Acibenzolar	*Alternaria sp.*
			Fusarium sp.
			Rhizopus sp.
الفراولة	*Fagaria ananassa* (strawberry)	Acibenzolar	*B. cinerea*
		Cytokinins	*C. gloeosporioides*
		Methyl jasmonate	*B. cinerea*
البطاطس	*Solanum tuberosum* (potato)	Acibenzolar	*Fusarium semitectum*

ثانيا: المثيرات الفيزيائية

إن من بين المثيرات الفيزيائية لحث المقاومة فى النباتات مايلى:

١-المعاملة الحرارية السابقة للتخزين.

٢-زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون.

٣-التعريض للأشعة المؤينة.

٤-التعريض للأشعة فوق البنفسجية عند طول موجى معين UV-C.

ثالثا: المثيرات البيولوجية

تتضمن المثيرات البيولوجية عددًا كبيرًا من الكائنات الدقيقة (Terry & Joyce ٢٠٠٤).

ونظرًا لأن عديدًا من تلك العوامل قد سبقت مناقشتها.. فإننا نقصر مناقشتنا فى هذا الجزء على مثيرات المقاومة العضوية الطبيعية وكذلك تلك المخلقة صناعيًّا.

الـ BTH (وأيضاً الـ SAM)، والـ BABA

أحدث رش نباتات الكنتالوب مرة واحدة بالـ benzothiadiazole (اختصارًا: BTH) قبل الحصاد بأسبوعين خفضًا معنويًّا فى إصابات الثمار بعد الحصاد — بأمراض المخان، وخاصة تلك التى تسببها فطريات *Fusarium*، و *Alternaria*، و *Rhizopus*؛ كذلك أعطى الرش أربع مرات كل ١٢ يومًا خلال مرحلتى الإزهار ونمو الثمار بكل من β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA)، و 2,6-dichloroisonicotinic acid (اختصارًا: INA) نتائج مماثلة. أما قبل الحصاد فقد أدت المعاملة بأى من الـ INA أو الـ BTH إلى خفض إصابة النباتات بكل من البياض الدقيقى والبياض الزغبى (Bokshi وآخرون ٢٠٠٦).

وأحدث رش نباتات الكنتالوب قبل الإزهار بالمنشط النباتى acibenzolar-S-methyl بتركيز ٥٠ مجم/ لتر، مع غمس الثمار عند الحصاد فى الجوازاتين guazatine بتركيز ٥٠٠ مجم/ لتر .. أحدث خفضًا جوهريًّا فى إصابتها بالأعفان أثناء

التخزين. ومن أهم المسببات المرضية التى تمت مكافحتها: *Fusarium* spp.، و *Alternaria* spp.، و *Rhizopus* spp. و *Trichothecium* sp. وقد كانت المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl — منفردًا — فعالة جوهريًّا فى خفض الإصابة بالأعفان فى كثير من الحالات وليست كلها، بينما كانت المعاملة بالجوازاتين منفردًا فعالة جوهريًّا فى خفض الإصابة بالفطر *Fusarium* spp.، ولكنها كانت أقل فاعلية ضد الفطرين *Alternaria* spp.، و *Rhizopus* spp. (Huang وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك أدى رش نباتات الكنتالوب بالمركب acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) بتركيز ١٠٠ مجم مادة فعالة/ لتر أثناء الإزهار، وخلال مرحلة الثمار الصغيرة الحجم، والثمار الأكبر، ومرحلة تكوين الشبك .. أدى ذلك إلى استحداث مقاومة ضد الإصابة بأعفان الثمار فى كل من الحقل وأثناء التخزين (Zhang وآخرون ٢٠١١).

وأدى نقع ثمار الكنتالوب بعد الحصاد فى محلول acibenzolar-S-methyl (ASM) بتركيز ٠,١ جم/لتر لمدة ١٠ دقائق ثم تخزينها فى جو الغرفة (٢٢ ± ٢ °م، و ٥٥٪–٦٠٪ رطوبة نسبية) إلى زيادة نشاط الإنزيمات:

phenyalanine ammonia lyase

tyrosime ammonia lyase

cinnamate-4-hydroxylase

4-coumarate/coenzyme A ligase

peroxidase

laccase

cinamic acid dehydrogenase

كذلك حفزت المعاملة جوهريًّا من محتوى الثمار من كل من حامض الكافيّك caffeic acid وحامض الفريولك ferulic acid وهما من بادئات التمثيل البيولوجى

لـ اللجنين، وأدت إلى تراكم الفينولات الكلية والفلافونويدات واللجنين، ويفيد ذلك كله فى زيادة متانة الجدر الخلوية ومنع غزو المسببات المرضية للثمار (Liu وآخرون ٢٠١٤).

كذلك أدى غمس ثمار الكنتالوب بعد الحصاد فى محلول acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) إلى تقليل إصابتها بالفطر *Trichothecium roseum* مسبب مرض العفن الوردى، وصاحب ذلك تراكم للـ H_2O_2،وانطلاق لأنيونات الـ superoxide (O_2^-)، وزيادة فى نشاط الإنزيمات: NADPH oxidase، و superoxide dismutase، و ascorbate peroxidase، وتثبيط لنشاط إنزيم الـ catalase، وزيادة فى محتوى المواد النشطة فى الأكسدة بما فى ذلك حامض الأسكوربيك، مع انخفاض فى محتوى الـ glutathione. وأدى غمس الثمار فى diphenylene iodonium (اختصارًا: DPI)– وهو مثبط خاص للإنزيم: NADPH oxidase– بتركيز ٥٠ ميكرومول قبل غمسها فى الـ ASM إلى زيادة حجم البقع المرضية التى سببها الفطر *T. roseum* وإعكاس تأثيرات الـ ASM على مختلف القياسات التى أسلفنا بيانها؛ بما يفيد أهمية تراكم العناصر النشطة فى الأكسدة ROS فى المقاومة التى تستحثها معاملة الـ ASM فى الكنتالوب (Ge وآخرون ٢٠١٥).

الـ harpin

أدى غمر ثمار الكنتالوب فى محلول harpin (وهو حاث بكتيرى لتفاعل فرط الحساسية) بتركيز ٩٠ جزءًا فى المليون إلى خفض إصابتها بالأعفان التى تسببها فطريات *Alternaria alternata*، و *Fusarium semitectum*، و *Trichothecium roseum*. وذلك من خلال حث المقاومة ضدها. علمًا بأن الـ harpin ليس سامًّا لتلك الفطريات فى البيئات الصناعية (Yang وآخرون ٢٠٠٧).

الـ BFO

تؤدى المعاملة بالمركب burdock fructooligosaccharide (اختصارًا: BFO) إلى حث الجهاز المناعى فى النباتات وإكسابها مقاومة جهازية. ففى الطماطم .. أدت

المعاملة إلى تثبيط الإصابة بأمراض ما بعد الحصاد سواء أكانت الإصابة بها طبيعية، أم بالحقن كما فى *Botrytis cinerea*.

وقد أحدثت المعاملة بالـ BFO التغيرات الإنزيمية التالية:

١- زيادة مستوى الـ mRNA للجينات التى تشفر للبروتينات ذات الصلة بالنشاط المرضى (PRs)، مثل PR-1a، و PR-2a (وهو extracellular β-1,3-glucanase)، و PR-2b (وهو intracellular β-1,3-glucanase)، و PR-3a (وهو extracellular chitinase). و PR-3b (وهو intracellular chitinase).

٢- تراكم الـ mRNA الخاص بالجين phenylalanine ammonia lyase فى ثمرة الطماطم.

٣- زيادة نشاط إنزيمات البيروكسيديز peroxidases.

٤- زيادة تمثيل الفينولات.

إلا أن المعاملة لم تؤثر فى نشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase (Wang وآخرون ٢٠٠٩).

مصادر الكتاب

توفيق. محمد فؤاد (١٩٩٣). المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية. وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية – ٧٢٢ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٠). المارسات الزراعية لكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٧٨٣ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٢). أصول الزراعة المحمية. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٨٣٦ صفحة.

حماد، شاكر محمد، وأحمد لطفى عبد السلام (١٩٨٥). الحشرات الاقتصادية فى مصر والعالم العربى. دار المريخ للنشر – الرياض – ٥٥٥ صفحة.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية (١٩٩٧). برنامج مكافحة الآفات الزراعية – القاهرة – ١٧٢ صفحة.

Abbasi, P. A., J. Al-Dahmani, F. Sahin, H. A. J. Hoitink, and S. A. Miller. 2002. Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. Plant Dis. 86 (2): 156-161.

Abbasi, P. A., N. Soltani, D. A. Cuppels, and G. Lazarovits. 2002. Reduction of bacterial spot disease severity on tomato and pepper plant with foliar applications of ammonium lignosulfonate and potassium phosphate. Plant Dis. 86 (11): 1232-1236.

Abbasi, P. A. and G. Lazarovits. 2006a. Effect of soil application of AG3 phosphonate on the severity of clubroot of bok choy and cabbage caused by *Plasmodiophara brassicae*. Plant Dis. 90 (12): 1517-1522.

Abbasi, P. A. and G. Lazarovits. 2006b. Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses pythium damping-off of cucumber seedlings. Plant Disease 90 (4): 459-464.

Abd-allah, E. F. 2001. *Streptomyces plicatus* as a model biocontrol agent. Folia Microbiologica 46 (4): 309-314.

Abdeldaym, E. A. et al. 2014. Effects of several amendments on organic melon growth and production, *Meloidogyne incognita* population and soil properties. Sci. Hort. 180: 156-160.

Abdel-Gawad, A. A., A. M. El-Sayed, F. F. Shalaby, and M. R. Abo-El-Ghar. 1990. Natural enemies of *Bemisia tabaci* Genn. and their role on suppressing the populauon density of the pest. Agric. Res. Rev. 68 (1): 185-195.

Abdelghafar, N. Y. and W. M. Abdelsayed. 1997. Biological control of bacterial soft rot of potato by using fluorescent pseudomonads. Arab Univ. J. Agr. Sci. 5 (2): 419-431.

Abd El-Hafiz, M. 1999. Induction and isolation of more efficient yeast mutants for the control of powdery mildew on cucumber. Ann. Agric. Sci. (Cairo) 44 (1): 283-292.

Abdel Kader, M. M., N. S. El-Mougy, and S. M. Lashin. 2013. Biological and chemical resistance inducers approaches for controlling foliar diseases of some vegetables under protected cultivation system. J. Plant Pathol. Microbiol. 4 (9).

Abd-El-Kareem, F. 2009. Effect of acetic acid fumigation on soil-borne fungi and cucumber root rot disease under greenhouse conditions. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (3): 213-220.

Abdel-Momen, S. M., S. A. Omar, A. A. Hanafi, and T. M. Abdel-Rahman. 2000. Different sources of saponin affecting white rot disease in onion (*Allium cepa* L.) Bul. Fac. Agr., Cairo Univ. 51: 365-378.

Abdel-Rahim, M. F., M. M. Satour, K. Y. Mickhail, S. A. El-Eraki, A. Grinstein, A. Chen, and J. Katan. 1988. Effectiveness of soil solarization in furrow-irrigated Egyptian soils. Plant Dis. 72: 143-146.

Abdel-Razek, A. S. 2010. Field evaluation of bacterial symbionts of entomopathogenic nematodes for suppression of hairy rose beetle, *Tropinota squalida* Scop. (Coleoptera: Scarabaeidae) population on cauliflower in Egypt. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43 (1): 18-25.

Abdel-Razik, A. A., A. M. Amein, A. M. El-Shabrawy, and M. H. Rushdi. 1988. Effect of certain cultural practices and fungicides on control of *Sclerotiun cepivorum* on winter onion. Egypt. J. Phytopathol. 20: 87-97.

Abeysinghe, S. 2009. Use of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and rhizobacteria for suppression of fusarium root and stem rot of *Cucumis sativus* caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (1): 73-82.

Abeysinghe, S. 2009. Efficacy of combined use of biocontrol agents on control of *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctionia solani* of *Capsicum annuum*. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (3): 221-227.

Abeysinghe, S. 2009. The effect of mode of application of *Bacillus subtilis* CA32r on control of *Sclorotium rolfsii* on *Capsicum annuum*. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (9): 835-846.

Abeysinghe, S. 2009. Induced systemic resistance (ISR) in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) mediated by rhizonacteria against bean rust caused by *Uromyces appendiculatus* under greenhouse and field conditions. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42 (11): 1079-1087.

Abo-Elyousr, K. A. M. and M. R. Asran. 2009. Antibacterial activity of certain plant extracts against bacterial wilt of tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (6): 573-578.

Abo-Elyousr. K. A. M. and H. H. El-Hendawy. 2008. Intergration of *Pseudomonas fluorescens* and acibenzolar-S-methyl to control bacterial spot disease of tomato. Crop Protection 27 (7): 1118-1124.

Abo-Elyousr, K. A.M., M. A. A. Seleim, K. M. H. Abd-El-Moneem, and F. A. Saead. 2014. Integrated effect of *Glomus mosseae* and selected plant oils on the control of bacterial wilt disease of tomato. Crop Prot. 66: 67-71.

Abo-Foul, S., V. I. Raskin, A. Sztejnberg, and J. B. Marder. 1996. Disruption of chlorophyll organization and function in powdery mildew-diseased cucumber leaves and its control by the hyperparasite *Ampelomyces quisqualis*. Phytopathology 86: 195- 199.

Afek, U., N. Aharoni, and S. Carmeli. 1995. Increasing celery resistance to pathogens during storage and reducing high-risk psoralen concentration by treatment with GA_3. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (4): 562-565.

Ahmad, F., M. A. Rather, and M. A. Siddiqui. 2010. Influence of organic additives on the incidence of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in roots of tomato plants. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (2): 168-173.

Ahmad, A., S. Shafique, and S. Shafique. 2014. Intracellular interactions involved in induced systemic resistance in tomato. Sci. Hort. 176: 127-133.

Ahmed, A. H. M. and H. T. Tribe. 1977. Biological control of white rot of onion (*Sclerotium cepivorum*) by *Coniothyrium minitans*. Plant Pathol. 26 (2): 75-78.

Ahmed, A. S., C. Pérez-Sánchez, C. Egea, and M. E. Candela. 1999. Evaluation of *Trichoderma harzianum* for controlling root rot caused by *Phytophthora capsici* in pepper plants. Plant Pathol. 48 (1): 58-65.

Ahmed, A. S., C. P. Sánchez and M. E. Candela. 2000. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. Egypt. J. Plant Pathol. 106: 817-824.

Ahoonmanesh, A. and T. A. Shalla. 1981. Feasibiligy of cross-protection for control of tomato mosaic virus in fresh market field-grown tomato. Plant Dis. 65: 56-58.

Albert, R. and H. Schneller. 1994. *Eretmocerus californicus* - a further enemy of whiteflies. (in German). Gartenbau Magazin 3 (5): 44-45. (c.a. Hort. Abstr. 66: 3080, 1996).

Aleandri, M. P, R. Reda, V. Tagliavento, P. Magro, and G. Chilosi. 2010. Effect of chemical resistance inducers on the control of *Monosporascus* root rot and vine decline of melon. Phytopathol. Mediterr. 49: 18-26.

Al-Mawaali, Q.S., A. M. Al-Sadi, A. J. Khan, H. D. Al-Hasani, and M. L. Deadman. 2012. Response of cucurbit rootstocks to *Pythium aphanidermatum*. Crop Prot. 42: 64-68.

Al-Musa, A. 1982. Incidence, economic importance, and control of tomato yellow leaf curl in Jordan. Plant Disease 66: 561-563.

Alvarez, M. A., S. Gagné and H. Antuon. 1995. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth - evaluation of cucumber growth enhanced by rhizosphere microorganisms. Korean J. Plant Pathol. 11 (4): 292-297.

An, Y., S. Kang, K.D. Kim, B. K. Hwang, and Y. Jeun. 2010. Enhanced defense responses of tomato plants against late blight pathogen *Phytophthora infestans* by pre-inoculation with rhizobacteria. Crop Prot. 29: 1406-1412.

Anad, T. et al. 2009. Chemical and biological treatments for enhancing resistance in chilli against *Colletotrichum capsici* and *Leveillula taurica*. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (6): 533-551.

Anandhakumar, J. and W. Zeller. 2008. Biological control of red stele (*Phytophthora fragariae* var. *fragariae*) and crown rot (*P. cactorum*) disease of strawberry with rhizobacteria. J. Plant Dis. Prot. 115 (2): 49-56.

Andreu, A. B., M. G. Guevara, E. A. Wolski, G. R. Daleo, and D. O. Caldiz. 2006. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. Pest Mang. Sci. 62 (2): 162-170.

Anjaiah, V. 2004. Biological control mechanisms of fluorescent *Pseudomonas* species involved in control of root diseases of vegetables/fruits, pp. 453-500. In: K. G. Mukerji (ed.) Fruit and vegetable diseases. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands.

Antignus, Y. 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. Virus Res. 7 (1-2): 213-220.

Antignus, Y. et al. 1996. The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. Plasticulture No. 112: 15-20.

Antonelli, M., R. Reda, M. P. Aleandri, L. Varvaro, and G. Chilosi. 2013. Plant growth-promoting bacteria from solarized soil with the ability to protect melon against root rot and vine decline caused by *Monosporascus cannonballus*. J. Phytopathol. 161:485-496.

Archbold, D. D., T.R. Hamilton-Kemp, B. E. Langlois, and M.M. Barth. 1997. Natural volatile compounds control *Botrytis* on strawberry fruit. Acta Hort. No. 439 (II): 923-930.

Arie, T., Y. Kobayashi, G. Okada, Y. Kono, and I. Yamaguchi. 1998. Control of soilborne clubroot disease of cruciferous plants by epoxydon from *Phoma glomerata*. Plant Pathol. 47 (6): 743-748.

Arul, J., J. Mercier, M. T. Charles, M. Baka, and R. Maharaj. 2001. Photochemical treatment for control of postharvest diseases in horticultural crops, pp. 146-161. In: C. Vincent, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard (eds). Physical control methods in plant protection. Springer-Verlag, Berlin.

Arseneault, T., C. Goyer, and M. Filion. 2013. Phenazine production by *Pseudomonas* sp. LBUM223 contributes to the biological control of potato common scab. Phytopathology 103 (10): 995-1000.

Ashley, R. A. 2008. Having problems controlling vegetable crop diseases – try rotation. Integrated Pest Management. University of Connecticut. The Internet.

Asirifi, K. N., W. C. Morgan, and D. G. Parbery. 1994. Suppression of Sclerotinia soft rot of lettuce with organic soil amendments. Aust J. Exp. Agric. 34 (1): 131-136.

Askary, H., Y. Carriere, R. R. Belanger, and J. Brodeur. 1998. Pathogenicity of the fungus *Verticillium lecanii* to aphids and powdery mildew. Biocontrol Science and Technology 8 (1): 23-32.

Atkins, S. D. et al. 2003. Development of a new management strategy for the control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in organic vegetable production. Pest Mang. Sci. 59 (2): 183-189.

Autrique, A. and M. J. Potts. 1987. The influence of mixed cropping on the control of potato bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*). Ann. Appl. Biol. 111 (1): 125-133.

Averre, C. W. and G. V. Gooding, 2000. Virus diseases of greenhouse tomato and their management. North Carolina State University, Plant Pathology Extension. Vegetable Disease Information Note 15. The Internet.

Averre, C. W., J. B. Ristaino, and J. G. Shultheis. 2000. Disease management for vegetables and herbs in greenhouse using low input sustainable methods. Plant Pathology Extension. North Carolina State University. The Internet.

Avikainen, H., H. Koponen, and R. Tahvonen. 1993. The effect of disinfectants on fungal diseases of cucumber. Agricultural Science in Finland 2 (2): 179-188. (c.a. Hort. Abstr. 65: 338, 1995).

Avilla, C., J. L. Collar, M. Duque, P. Pérez, and A. Fereres. 1997. Impact of floating row covers on bell pepper yield and virus incidence. HortScience 32 (5): 882-883.

Awang, N. A., M. R. Islam, M. R. Ismail, B. Zulkrami, and D. Omar. 2013. Effectiveness of different elicitors in inducing resistance in chilli (*Capsicum annuum* L.) against pathogen infection. Sci. Hort. 164: 461-465.

Aysan, E. and S. Demir. 2009. Using arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Pathol. J. 8 (2): 74-78.

Badawy, M. E. I. and E. I. Rabea. 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 51 (1): 110-117.

Balestra, G. M., A. Hey Dari, D. Ceccarelli, E. Ovidi, and A. Quattrucci. 2009. Antibacterial effect of *Allum sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. Crop Protection 28 (10): 807-811.

Balogh, B. et al. 2003. Improved efficacy of newly formulated bacteriophages for management of bacterial spot on tomato. Plant Dis. 87 (8): 949-954.

Baptista, F. J., B. J. Bailey, and J. F. Meneses. 2008. Comparison of humidiy conditions in unheated tomato greenhouse with different natural ventilation: yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation. Folia Hort. 20 (2): 3-15.

Barilli, E, E. Prats, and D. Rubiales. 2010. Benzothiadiazole and BABA improve resistance to *Uromyces pisi* (Pers.) Wint. In *Pisum sativum* L. with an enhancement of enzymatic activities and total phenolic content. Eur. J. Plant Pathol. 128: 483-493.

Barrett, C. E. and X. Zhao. 2012. Grafting for root-knot nematode control and yield improvement in organic heirloom tomato production. HortScience 47 (5): 614-620.

Bashan, Y. 1997. Alternative strategies for controlling plant diseases caused by *Pseudomonas syringae*, pp. 575-583. In: K. Rudolph et al. (eds). *Pseudomonas syringae* pathovars and related pathogens. Development in plant pothology, Vol. 9. Kluwer Academic Publishers. The Internet.

Bashan, Y, and L. E. de Bashan. 2002. Protection of tomato seedlings against infection by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Applied and Environmental Microbiology 68 (6): 2637-2643.

Batten, J. S., K. B. G. Scholthof, B. R. Lovic, M. E. Miller, and R. D. Martyn. 2000. Potential for biocontrol of Monosporascus root rot/vine decline under greenhouse conditions using hypovirulent isolates of *Monosporascus cannonballus*. Europ. J. Plant Pathol. 106: 639-649.

Bautista-Banos, S. et al. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Prot. 25 (2): 108-118.

Baysal, O., Y. Z. Gursoy, H. Ornek, B. Cetinel, and J. A. Teixira da Silva. 2007. Enhanced systemic resistance to bacterial speck disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by DL-β-aminobutyric acid under salt stress. Physiologia Plantarum 129 (3): 493-506.

Becker, R. and S. A. Miller. 2009. Manging downy mildew in organic and conventional vine crops. Fact Sheet HYG-3127-09, Agricultural and Natura Resources, the Ohio State University Extension. The Internet. 4 p.

Beckers, G. J. M. and U. Conrath. 2007. Priming for stress resitance: from the lab to the field. Current Opinion in Plant Biology 10 (4): 425-431.

Bécot, S., E. Pajot, D. le Corre, C. Monot, and D. Silué. 2000. Phytogard (K_2HPO_3) induces resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. Crop Prot. 19 (6): 417-425.

Belbahri, L., G. Calmin, F. Lefort, G. Dennler, and A. Wigger. 2007. Assessing efficacy of ultra-filtration and bio-filtration systems used in soilles production through molecular detection of *Pythium oligandrum* and *Bacillus subtilis* as model organisms. Acta Hort. 747: 97-105.

Bell, A. A., J. C. Hubbard, L. Lui, R. M. Davis, and K. V. Subbarao. 1998 Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of Fusarium yellows in celery. Plant Dis. 82: 322-328.

Beltrán, R., A. Vicent, J. Garcia-Jiménez, and J. Armengol. 2008. Comparative epidemiology of Monosporascus root rot and vine decline in muskmelon, watermelon, and grafted watermelon crops. Plant Dis. 92 (1): 158-163.

Bengtsson, T. et al. 2014. Activation of defense responses to *Phytophthora infestans* in potato by BABA. Plant Pathol. 63 (1): 193-202.

Benhamou, N. and R. R. Bélanger. 1998. Benzothiadiazole-mediated induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomato. Plant Physiology 118 (4): 1203-1212.

Benhamou, N., P. J. Lafontaine, and M. Nicole. 1994. Induction of systemic resistance to Fusarium crown and root rot in tomato plants by seed treatment with chitosan. Phytophtology 84 (12): 1432-1444.

Ben-Yephet, Y. and E. B. Nelson. 1999. Differential suppression of damping-off caused by *Pythium aphanidermatum*, *P. irregulare*, and *P. myriotylum* in composts at different temperatures. Plant Dis. 83: 356-360.

Berbegal, M., J. Garcia-Jiménez, and J. Armengol. 2008. Effect of cauliflower amendments and soil solarization on verticillium wilt control in artichoke. Plant Dis. 92 (4): 595-600.

Bettiol, W. 1999. Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildw (*Sphaerotheca fluliginea*) in greenhouse conditions. Crop Prot. 18: 489-492.

Bigirimana, J. and M. Hofte. 2002. Induction of systemic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in bean by a benzothiadiazole derivative and rhizobacteria. Phytoparasitica 30 (2): 159-168.

Bigirimana, J., G. de Meyer. J. Poppe, Y. Elad, and M. Hofte. 1997. Induction of systemic resistance on bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Trichoderma harzianum*. Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen. Univesiteit Gent 63 (3b): 1001-1007. (c.a. Rev. Plant Pathol. 77: 6537; 1998).

Bokshi, A. I., S. C. Morris, R. M. McConchie, and B. J. Deverall. 2006. Preharvest application of 2,6-dichloroisonicotinic acid, β-aminobutyric acid or benzothiadiazole to control post-harvest storage diseases of melons by inducing systemic acquired resistance (SAR). J. Hort. Sci. Biotechnol. 81 (4): 700-706.

Bokshi, A. I., S. C. Morris, R. McConchie. 2007. Environmentally-safe control of postharvest diseases of melons (*Cucumis melo*) by integrating heat treatment, safe chemicals, and systemic acquired resistance. N. Z. J. Crop Hort. Sci. 35: 179-186.

Bokshi, A. I., J. Jobling, and R. McConchie. 2008. A single application of Milsana followed by Bion assists in the control of powdery mildew in cucumber and helps overcome yield losses. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83 (6): 701-706.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI Publishing, Wallingford, UK. 358 p.

Brown, S. L. and E. Brown. 1992. Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips populations and damage to tomato. HortTechonolgy 2 (2): 208-210.

Boucher, T. J. 2007. Perimeter trop cropping for cole crops. University of Connecticut. Integrated Post Management. The Internet. 4 p.

Boyhan, G. E., J. E. Brown, C. Channel-Butcher, and V. K. Perdue. 2000. Evaluation of virus resistant squash and interaction with reflective and nonreflective mulches. HortTechnology 10 (3): 574-580.

Brust, G. E. 2000. Reflective and black mulch increase yield in pumpkins under virus disease pressure. J. Eco. Entomol. 93 (3): 828-833.

Brust, G., D. S. Egel, and E. T. Maynaed. 2003. Organic vegetable production. Purdue University, Cooperative Extension Service. The Internet. 20 p.

Budnik, K., M. D. Laing, and J. V. da Graca. 1996. Reduction of yield losses in pepper crops caused by potato virus Y in KwaZulu-Natal, South Africa, using plastic mulch and yellow sticky traps. Phytoparasitica 24 (2): 119-124.

Buller, S, D. Inglis, and C. Miles. 2013. Plant growth, fruit yield and quality, and tolerance to verticillium wilt of grafted watermelon and tomato in field production in the Pacific Northwest. HortScience 48 (8): 1003-1009.

Buonaurio, R., L. Scarponi, M. Ferrara, P. Sidoti, and A. Bertona. 2002. Induction of systemic acquired resitance in pepper plants by acibenzolar-S-methyl against bacterial spot disease. Europ. J. Plant Pathol. 108 (1): 41-49.

Burkhead, K. D., D. A. Schisler, and P. J. Slininger. 1994. Pyrrolnitrin production by biological control agent *Pseudomonas cepacia* B37w in culture and in colonized wounds of potatoes. Applied and Environmental Microbiology 60 (6): 2031-2039.

Buyanovsky, G., J. Gale and N. Degani. 1981. Ultra-violet radiation for the inactivation of microorganisms in hydroponics. Plant and Soil 60: 131-136.

Buysens, S., M. Höfte, and J. Poppe. 1993. Control of *Pythium* spp. in nutrient film technique systems with fluorescent pseudonads. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent 58 (3b). 1279-1286. c. a. Hort Abstr. 65: 2188; 1995.

Caccioni, D. R. L. and M. Guizzardi. 1994. Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. J. Essential Oil Res. 6 (2): 173-179.

Cai, Z., R. Yang, H. Xiao, X. Qin, and L. Si. 2015. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries. Postharvest Biol. Technol. 100: 52-58.

Caldwell, J. S. and P. Clarke. 1999. Repulsion of cucumber beetles in cucumber and squash using aluminum-coated plastic mulch. HortTechnology 9 (2): 247-250.

Caldwell, B., E. Sideman, A. Seaman, A. Shelton, and C. Smart. 2013. Resource guide for organic insect and disease management. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, N. Y. 203 p.

Campiglia, E., R. Mancinelli, E. Radicetti, and F. Caporali. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Protection 29 (4): 354-363.

Cao, Y. et al. 2014. Potenial use of anaerobically digested manure slurry to suppress Phytophthora root rot of chilli pepper. Sci. Hort. 168: 124-131.

Carrión, G., A. Romero, and V. Rico-Gray. 1999. Use of *Verticillium lecanii* as biocontrol agent against bean rust (*Uromyces appendiculatus*). Fitopatologia 34 (4): 214-219.

Cavalcanti, F. R., M. L. V. Resende, C. P. S. Carvalho, J. A. G. Silveira, and J. T. A. Oliveira. 2007. An aqueous suspension of *Crinipellis perniciosa* mycelium activates tomato defence responses against *Xanthomonas vesicatoria*. Crop Prot. 26 (5): 729-738.

Cavoski, I. et al. 2012. *Melia azedarach* controls *Meloidogyne incognita* and triggers plant defense mechanisms on cucumber. Crop Protection 35: 85-90.

Chalfant, R. B., C. A. Jaworski, A. W. Johnson, and D. R. Summer. 1977. Reflective film mulches on watermelon mosaic virus, insects, nematodes, soil-borne fungi, and yield of yellow summer squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (1): 11-15.

Chambers, R. J., S. Long, and N. L. Helyer. 1993. Effectiveness of *Orius laevigatus* and water retention and tomato growth in a soilless medium. HortScience 28 (10): 1005-1007.

Chamorro, M. et al. 2015. Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. Crop Prot. 67: 279-286.

Chandel, S., E. J. Allan, and S. Woodward. 2009. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on tomato by *Brevibacillus brevis*. J. Phytopathol. 158 (7-8): 470-478.

Chao, J. Y., B. S. Seo, and S. J. Chung. 1997. Screening and isolation of effective antagonistic rhizobacteria in hydroponics. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38 (6): 659-665. c. a. Rev. Plant Pathol. 77: Abstr 4002; 1998.

Chardonnet, C. and B. Doneche. 1995. Influence of calcium pretreatment on pectic substance evolution in cucumber fruit (*Cucumis sativus*) during *Botrytis cinerea* infection. Phytoparasitica 23 (4): 335-344.

Chen, Y. and G. Dai. 2012. Antifungal activity of plant extracts against *Colletotrichum lagenarium*, the causal agent of anthracnose in cucumber. J. Sci. Food Agr. 92 (9): 1937-1943.

Chen, M. H. and E. B. Nelson. 2008. Seed-colonizing microbes from municipal biosolids compost suppress *Pythium ultimum* damping-off on different plant species. Phytopathology 98 (9): 1012-1018.

Chen, C. Q., R. R. Bélanger, N. Benhamou, and T. C. Paulitz. 1998. Induced systemic resistance (ISR) by *Pseudomonas* spp. impairs pre-and post-infection development of *Pythium aphanidermatum* on cucumber roots. Europ. J. Plant Pathol. 104 (9): 877-886.

Chen, L. H. et al. 2012. Application of *Trichoderma harzianum* SQR- T037 bio-organic fertiliser significantly controls fusarium wilt and affects the microbial communities of continuously cropped soil of cucumber. J. Soi. Food Agr. 92: 2465-2470.

Chen, J. P. et al. 2014. Combination effect of chitosan and methyl jasmonate on controlling *Alternaria alternata* and enhancing activity of cherry tomato fruit defense mechanisms. Crop Prot. 56: 31-36.

Cheah, L. H., B. B. C. Page, and R. Shepherd. 1997. Chitosan coating for inhibition of *Sclerotinia* rot of carrots. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 25 (1): 89-92.

Chellemi, D. O., S. M. Olson, and D. J. Mitchell. 1994a. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in northern Florida. Plant Disease 78 (12): 1167-1172.

Chellemi, D. O., S. M. Olson, J. W. Scott. D. J. Mitchell, and R. McSorley. 1994b. Reduction of phytoparasitic nematodes on tomato by soil solarization and genotype. Journal of Nematology 25 (4 Supp): 800-805.

Chen, C. Q., R. R. Bélanger, N. Benhamou, and T. C. Paulitz. 1998. Induced systemic resistance (ISR) by *Pseudomonas* spp. impairs pre- and post-infetion development of *Pythium aphanidermatum* on cucumber roots. Europ. J. Plant Pathol. 104 (9): 877-886.

Chen, C. Q., R. R. Bélanger, N. Benhamou, and T. C. Paulitz. 1999. Role of salicylic acid in systemic resistance induced by *Pseudomonas* spp. against *Pythium aphandermatum* in cucumber roots. Europ. J. Plant Pathol. 105 (5): 477-486.

Chen, C. Q., R. R. Bélanger, N. Benhamou, and T. C. Paulitz. 2000. Defense enzymes in cucumber roots by treatment with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and *Pythium aphanidermatum*. Physioloical and and Molecular Plant Pathology 56 (1): 13-23.

Cherif, M. and R. R. Bélanger. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculationg nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. Plant Disease 76 : 1008-1011.

Chérif, M., J. G. Menzies, D. L. Ehret, C. Bogdanoff, and R. R. Bélanger. 1994. Yield of cucumber infected with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon. HortScience 29 (8): 896-897.

Chiasson, H., C. Vincent, and D. de Oliveira. 1997. Effect of an insect vacuum device on strawberry pollinators. Acta Horticulture No. 437: 373-377.

Chin-A-Woeng, T. F. C., G. V. Bloemberg, I. H. M. Mulders, L. C. Dekkers, and B. J. J. Lugtenberg 2001. Root colonization by phenazine-1-carboxamide-producing bacterium *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 is essential for biocontrol of tomato foot and root rot. Molecular Plant Microbe Interactions 13 (12): 1340-1345.

Chitrampalam, P., P. J. Figuli, M. E. Matheron, K. V. Subbarao, and B. M. Pryor. 2008. Biocontrol of lettuce drop caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor* in desert agroecosystem. Plant Dis. 92 (12): 1625-1634.

Choi, H. W. and B. K. Hwang. 2011. Systemic acquired resistance of pepper to microbial pathogens. J. Phytophol. 159: 393-400.

Cline, G. R., J. D. Sedlacek, S. L. Hillman, S. K. Parker, and A. F. Silvernail. 2008. Organic management of cucumber beetles in watermelon and muskmelon production. HortTechnology 18: 436-444.

Cohen, Y. 1994. Local and systemic control of *Phytophthora infestans* in tomato plants by DL-3-amino-n-butanoic acids. Phytopathology 84 (1): 55-59.

Cohen, Y. R. 2002. β-aminobutyric acid-induced resistance against plant phathogens. Plant Disease 86 (5): 448-457.

Cohen, S. and V. Melamed-Madjar. 1978. Preventian by soil mulching of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Israel. Bull. Ent Res. Israel 68: 465-470.

Cohen, Y. and U. Gisi. 1994. Systemic translocation of ^{14}C-DL-3-aminobutyric acid in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. Physiological and Molecular Plant Pathology 45 (6): 441-456.

Cohen, S., Melamed-Madjar, and J, Hameiri. 1974. Prevention of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Israel. Bul. Ent. Res. Israel 64: 193-197.

Cohen, R., D. Shteinberg, and M. Edelstein. 1996. Suppression of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in cucumber by the detergent Zohar LQ-215. European Journal of Plant Pathology 102 (1): 69-75.

Cohen, Y., A. E. Rubin, and M. Vaknin. 2011. Post infection application of DL-3-amino-butyric acid (BABA) induces multiple forms of resistance against *Bremia lactucae* in lettuce. Eur. J. Plant Pothol. 130: 13-17.

Cohen, R., N. Omari, A. Porat, and M. Edelstein. 2012. Management of *Macrophomina* wilt in melons using grafting or fungicide soil application: pathological, horticultural and economical aspects. Crop Protection 35: 58-63.

Cohen, R., J. Tyutyunik, E. Fallik, Y. Oka, Y. Tadmor, M. Edelstein. 2014. Phytopathological evaluation of exotic watermelon germplasm as a basis for rootstock breeding. Sci. Hort. 165: 203-210.

Collange, B., M. Navarrete, G. Peyre, T. Mateille, and M. Tchamitchian. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: the challenge of an agronomic system analysis. Crop Prot. 30: 1251-1262.

Collina, M. 1996. Natural Products against powdery mildew. (In Italian). Colture Protette 25 (9): 39-42, c. a. Hort. Abstr. 67 (5): 4025; 1977.

Collins, W. L., and M. H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983. technology overview. The environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 199 p.

Compant, S., B. Duffy, J. Nowak, C. Clément, and E. A. Barka. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Appl. Env. Microbiol. 71 (9): 4951-4959.

Conti, G. A., A. Pianezzola, A. Arnoldi, G. Violini, and D. Maffi. 1996. Possible involvement of salicylic acid in systemic acquired resistance of *Cucumis sativus* against *Sphaerotheca fuliginea*. Europen Journal of Plant Pathology 102 (6): 537-544.

Conway, K. E., B. D. McCraw. J. E. Motes, and J. L. Sherwood. 1989. Evaluations of mulches and row covers to delay virus diseases and their effects on yield of yellow squash. Appl. Agric. Res., N. Y. pp. 201-207.

Conway, W. S., C. E. Sams, and A. Kelman. 1994. Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium applications. HortScience 29 (7): 751-754.

Cooke, L. and G. Little. 2002. The effect of foliar application of phosphonate formulations on the susceptibility of potato tubers to late blight. Pest Management Science 58 (1): 17-25.

Cooper, A. 1982. Nutrient film technique. The English Language Book Society, London, 185 p.

Cornell University. 1996. Resource guide for organic insect and disease management. Crop management practices. Cucurbit crops. The Internet.

Coskuntuna, A. and N. Ozer. 2008. Biological control of onion basal rot disease using *Trichoderma harzianum* and induction of antifungal compounds in onion set following seed treatment. Crop Prot. 27: 330-336.

Costa, H. S., D. E. Ullman, M. W. Johnson, and B. E. Tabashnik. 1993a. Antibiotic oxytetracylcline interferes with *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition, development, and ability to induce squash silverleaf. Annals of the Entomological Society of America 86 (6): 740-748. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 389).

Costa, H. S., K. L. Robb, and C. A. Wilen. 2001. Increased persistence of *Beauveria bassiana* spore viabiligy under high ultraviolet-blocking greenhouse plastic. HortScience 36 (6): 1082-1084.

Costa, H. S., J. Newman, and K. L. Robb. 2003. Ultraviolet-blocking greenhouse plastic films for mangagement of insect pests. HortScience 38 (3): 465.

Coqueiro, D. S. O., M. Maraschin, and R. M. di Piero. 2011. Chitosan reduces bacterial spot severity and acts in phenylpropanoid metabolism in tomato plants. J. Phytopathol. 159: 488-494.

Curlango-Rivera, G. et al. 2013. Measuring root disease suppression in response to compost water extract. Phytopathology 103 (3): 255-260.

Coventry, E., R. Noble, A. Mead, and J. M. Whipps. 2002. Control of *Allium* white rot (*Sclerotium cepirorum*) with composted onion waste. Soil Biol. Biochem. 34 (7): 1037-1045.

Coventry, E., R. Noble, A Mead, F. R. Marin, J. A. Perez, and J M. Whipps. 2006. *Allium* white rot suppression with composts and *Trichoderma viride* in relation to sclerotia viability. Phytopathology 96 (9): 1009-1020.

Csizinsky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. Kring. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (5): 778-784.

Csizinszky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. Kring. 1997. Evaluation of color mulches and oil sprays for yield and for the control of silver leaf whitefly *Bemisia argentifolii* (Bellows and Perring) on tomatoes. Crop Protection 16 (5): 475-481.

Daayf, F., A. Schmitt, and R. R. Bélanger. 1995. The effects of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long English cucumber. Plant Disease 79 (6): 577-580.

Daayf, F., A. Schmitt, and R. R. Bélanger. 1997. Evidence of phytoalexins in cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extract of *Reynoutria sachalinensis*. Plant Physiology 113 (3): 719-727.

Daayf, F., M. Ongena, R. Boulanger, I. El-Hadrami, and R. R. Bélanger. 2000. Induction of phenolic compounds in two cultivars of cucumber by treatment of healthy and powdery mildew-infected plant with extracts of *Reynoutria sachalinensis*. J. Chem. Eco. 26 (7): 1579-1593.

Daayf, F., L. Adam, and W. G. D. Fernando. 2003. Comparitive screening of bacteria for biological control of potato late blight (strain US-8), using in vitro, detached-leaves, and whole-plant testing systems. Canad. J. Plant Pathol. 25 (3): 276-284.

D'aes, J. et al. 2011. Biological control of Rhizoctonia root rot on bean by phenazine- and cyclic lipopetide-producing *Pseudomonas* CMR12a. Phytopathology 101 (8): 996-1004.

Dallagnol, L. J., F. A. Rodrigues, F. A. O. Tanaka, L. Amorim, and L. E. A. Camargo. 2012. Effect of potassium silicate on epidemic compoñents of powdery mildew on melon. Plant Pathol. 61: 323-330.

Da Rocha, A. B. and R. Hammerschmidt. 2005. History and perspectives on the use of disease resistance inducers in horticultural crops. HortTechnology 15 (3): 518-529.

Davis, J. R., J. C. Stark, L. H. Sorensen, and A. T. Schneider. 1994. Intearactive effects of nitrogen and phosphorus on Verticillum wilt of Russet Burbank potato. Amer. Potato. J. 71 (7): 467-481.

Davis, R. M., J. J. Hao, M. K. Romberg. J. J. Nunez, and R. F. Smith. 2007. Efficacy of germination stimulants of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* for management of white rot of garlic. Plant Disease 91 (2): 204-208.

Davis, A. R. et al. 2008. Cucurbit grafting. Critical Reviews in Plant Sciences 27 (1): 50-74.

Davis, J. R. et al. 2010. Ecological relationships of verticillium wilt suppression of potato by green manures. Amer. J. Potato Res. 87 (4): 315-326.

Dawar, S., M. Tariq, and M. J. Zaki. 2008. Application of *Bacillus* species in control of *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood on cowpea and mash bean. Pak. J. Bot. 40 (1): 439-444.

Dawar, S., S. Wahab, M. Tariq, and J. Zaki. 2010. Application of *Bacillus* species in the control of root rot diseases of crop plants. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43 (4): 412-418.

De Cal, A., S. Pascual, and P. Melgarejo. 1997. Involvement of resistance induction by *Penicillium oxalicum* in the biocontrol of tomato wilt. Plant Pathology 46 (1): 72-79.

De Cal, Garcia-Lepe, Pascual, and Melgarejo. 1999. Effects of timing and method of application of *Penicillium oxalicum* on efficacy and duration of control of fusarium wilt of tomato. Plant Pathol. 48 (2): 260-266.

De Ceuster, T. J. J. and H. A. J. Hoitink. 1999. Prospects for composts and biocontrol agents as substitutes for methyl bromide in biological control of plant diseases. Compost Science & Utilization 7 (3): 6-15.

De Curtis, F., G. Lima, D. Vitullo, and V. de Cicco. 2010. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* on tomato by delivering antagonistic bacteria through a drip irrigation system. Crop Prot. 29 (7): 663-670.

De Jonghe, K., D. Hermans, and M. Hofte. 2007. Efficacy of alcohol alkoxylate surfactants differing in the molecular structure of the hydrophilic portion to control *Phytophthora nicotianae* in tomato substrate culture. Crop. Protection 26 (10): 1524-1531.

De Lima, G. S., I. P. Assuncao, and S. M. A. de Oliveira. 1998. Effect of treatment of melon fruits (*Cucumis melo* L.) with different calcium sources on rot caused by *Myrothecium roridum*. (In Portuguse with English Summary). Summa Phytopathologica 24 (3/4): 276-279.

De Meyer, G., K. Capieau, K. Audenaert, A. Buchala, J. P. Metraux, and M. Hofte. 1999. Nanogram amounts of salicylic acid produced by the rhizobaterium *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2 activate the systemic acquired resistance pathway in bean. Molecular Plant-Microbe Interactions 12 (5): 450-458.

Denner, F. D. N., C. P. Millard, and F. C. Wehner. 2000. Effect of soil solarization and mouldboard ploughing on black dot of potato, caused by *Colletotrichum coccodes*. Potato Research 43: 195-201.

Dennis, J. J. 2001. Progress towards an integrated control strategy for onion white rot disease, including the use of artificial germination stimulants. Acta. Hort. No. 555: 117-121.

Dent, D. 2000. Insect pest management (2nd ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK. 410.

De Sousa da Silva, E. et al. 2012. Net melon resistance to *Didymella bryoniae* according to grafting and potassium levels. Summa Phytopathologica 38 (2): 6 p.

De Vay, J. E. 1991a. Historical review and principles of soil solarization. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

De Vay, J. E. 1991b. Use of soil solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including biocontrol. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Dhanavantari, B. N. and A. P. Papadopoulos. 1995. Suppression of bacterial stem rot (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) by a high potassium-to-nitrogen ratio in the nutrient solution of hydroponically grown tomato. Plant Disease 79 (1): 83.

Dias, R. de C. S., B. Picó, J. Herraiz, A. Espinós, and F. Nuez. 2002. Modifying root structure of cultivated muskmelon to improve vine decline resistance. HortScience 37 (7): 1092-1097.

Diaz, B. M. et al. 2006. Impact of ultraviolet-blocking plastic films on insect vectors of virus diseases infesting crisp lettuce. HortScience 41 (3): 711-716.

DiFonzo, C. D., D. W. Ragsdale, E. B. Radcliffe, N. C. Gudmestad, and G. A. Secor. 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. Ann. Appl. Biol. 129 (2): 289-302.

Dik, A. T. and Y. Elad. 1999. Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucmber and tomato under different climatic conditions. Europ. J. Plant Pathol. 15 (2): 129-137.

Dik, A. J., M. A. Verhaar, and R. R. Bélanger. 1998. Comparison of three biological control agents against cucumber powdery midew (*Sphaerotheca fuliginea*) in semi-commercial-scale glasshouse trials. Europ. J. Plant Pathol. 104 (4): 413-423.

Dik, A. J., G. Koning, and J. Köhl . 1999. Evaluation of microbial antagonists for biological control of *Botrytis cinerea* stem infection in cucumber and tomato. Europ J. Plant Pathol. 105 (2): 115-122.

Di Venere, D., V. Linsalata, and V. V. Massignan. 2000. Storage temperature, postharvest treatments, market life and quality of winter melon (*Cucumis melo* L. group *inodorus*). Acta Hort. No. 518: 159-165.

Dixon, G. R. 1981. Vegetable crop diseases. Avi Pub Co., Inc., Westport, Connecticut. 404 p.

Dixon, G. R. 1996. Repression of the morphogenesis of *Plasmodiophora brassicae* Wor. By boron - a review. Acta Hort. No. 407: 393-401.

Duffy, B. K. and G. Défago. 1999. Macro- and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in soilless production system. HortScience 34 (2): 287-291.

Edelstein, M. et al. 1999. Integrated management of sudden wilt in melons, caused by *Monosporascus cannonballus*, using grafting and reduced rates of methyl bromide. Plant Dis. 83: 1142-1145.

Eikemo, H., A. Stensvand, and A. M. Tronsmo. 2003. Indeced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. Plant Dis. 87 (4): 345-350.

Elad. Y., G. Zimand, Y. Zaqs. S. Zuriel, and I. Chet. 1993. Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. Plant Pathol. 42 (3): 324-332.

Elad, Y., J. Kohl, and N. J. Fokkema. 1994. Control of infection and sporulation of *Botrytis cinerea* on bean and tomato by saprophytic yeasts. Phytopathology 84 (10): 1193-1200.

El-Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier, N. Benhamou, A. Asselin, and R. Bélanger. 1994. Effect of chitosan on cucumber plants: suppression of *Pythium aphanidermatum* and induction of defense reactions . Phytopathology 84 (3): 313-320.

Elmer, W. H. and F. J. Ferrandino. 2009. Suppression of verticillium wilt eggplant by earthworms. Plant Dis. 93 (5): 485-489.

El-Mougy, N. S., F. Abd-El-Kareem, N. G. El-Gamal, and Y. O. Fatooh. 2004. Application of fungicides alternatives for controlling cowpea root rot disease under greenhouse and field conditions. Egypt. J. Phytopathol. 32 (1-2): 23-35.

El-Mougy, N., N. El-Gamal, and M. Abdalla. 2008. The use of fungicide alternatives for controlling postharvest decay of strawberry and orange fruits. J. Plant Prot. Res. 48 (3): 385-396.

El-Mougy, N. S., M. M. Abdel-Kader, S. M. Lashin, and A. A. Megahed. 2013. Fungicides alternatives as plant resistance inducers against foliar disease incidence of some vegetables grown under plastic houses conditions. International J. Eng. Innovative Technol. 3 (6): 71-81.

El-Shami, M. A., D. E. Salem, F. A. Fadl, and M. M. El-Zayat. 1990b. Soil solarization and plant disease management. III. Effect of solarization of soil infested with Fusarium wilt pathogen on the growth and yield of tomatoes. Agric. Res. Rev. (Cairo). 68 (3): 613-623.

El-Tarabily, K. A., G. E. St. J. Hardy, and K. Sivasithamparam. 2010. Performance of three endophytic actinomycetes in relation to plant growth promotion and biological control of *Pythium aphanidermatum*, a pathogen of cucumber under commercial field production conditions in the United Arab Emirates. Eur. J. Plant Pathol. 128: 527-539.

El-Wakil, N. E. and S. A. Saleh. 2009. Effects of neem and diatomaceous earth aginst *Myzus persicae* and associated predators in addition to indirect effects on artichoke growth and yield parameters. Archives of Phytopathogy and Plant Protection 42 (12): 1132-1143.

El-Zammar. S., Y. Abou-Jawdah, and H. Sobh. 2001. Management of virus diseases of squash in Lebanon. J. Plant Pathol. 83 (1): 21-25.

Entwistle, A. R. 1990. Root diseases, pp. 103-154. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster. (eds.). Onioms and allied crops. Vol. II. Agronomy, biotic interactions, pathology and crop protection. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Etoh, T. 1994. Recent studies on leaf, flower, stem and root vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64 (2): 121-129.

Evans, K. A. 1993. Effects of the addition of chitin to soil on soil-borne pests and diseases. Crop Protection in Northern Britan 1993: 189-194. (c. a. Field Crops Abstr. 1994. 47: 1713).

Falcioni, T. et al. 2014. Effect of salycylic acid treatment on tomato plant physiology and tolerance to potato virus X infection. Europ. J. Plant Pathol. 138 (2): 331-345.

Fallik, E., O. Ziv, S. Grinberg, S. Alkalai, and J. D. Klein. 1997. Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. Phytoparasitica 25 (1): 41-43.

Fallik, E., S. Grinberg, and O. Ziv. 1997. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits. J. Hort. Sci. 72 (1): 35-41.

Fallik, E., D. D. Archbold, T. R. Hamilton-Kemp, A. M. Clements, R. W. Collins, and M. M. Barth. 1998. (E)-2-hexenal can stimulate *Botrytis cinerea* growth in vitro and on strawberries in vivo during storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (5): 875-881.

Fallik, E. et al. 2000. Reduction of postharvest losses of Galia melon by a short hot-water rinse. Plant Pothol. 49 (3): 333-338.

Faria, M. and S. P. Wraight. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Protection 20 (9): 767-778.

Fawe, A., M. Abou-Zaid, J. G. Menzies, and R. R. Bélanger. 1998. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. Phytopathology 88: 396-401.

Feng, W. and X. Zheng. 2007. Essential oils to control *Alternaria alternata in vitro* and *in vivo*. Food Control 18 (9): 1126-1130.

Fereres, A. 2000. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. Virus Research 71 (1/2): 221-231.

Ferguson, J. J. 2006. General guidelines for organic crop production. University of Florida, IFAS Extension 11 p. The Internet.

Feussner, I., I. G. Fritz, B. Hause, W. R. Ullrich, and C. Wasternack. 1997. Induction of new lipoxygenase form in cucumber leaves by salicylic acid or 2,6-dichloroisonicotinic acid. Botanica Acta 110 (2): 101-108. c. a. Rev. Plant Pathol. 76 (11): 9055; 1997.

Fita, A., B. Picó, C. Roig, and F. Nuez. 2007. Performance of *Cucumis melo* ssp. *agrestis* as a rootstock for melon. J. Hort. Sci. Biotechnol, 82 (2): 184-190.

Fiume, F. 1994. The use of plastic tunnel for soil solarization in protected crops in southern Italy. (In Italian with English summary). Informatore Fitopatologico 44 (3): 52-57. (c.a. Rev. Plant. Pathol. 1994, 73: 7961).

Fokkema, N. J. 1993. Opportunities and problems of control of foliar pathogens with micro-organisms. Pesticide Sci. 37 (4): 411-416.

Fontenelle, A. D. B., S. D. Guzzo, C. M. M. Lucon, and R. Harakava. 2011. Growth promotion and induction of resistance in tomato plant against *Xanthomonas euvesicatoria* and *Alternaria solani* by *Trichoderma* spp. Crop. Prot. 30: 1492-1500.

Fortnum, B. A., M. J. Kasperbauer, and D. R. Decoteau. 2000. Effect of mulch surface color on root-knot of tomato grown in simulated beds. J. Nematol. 32 (1): 101-109.

Foster. J. M., R. P. Naegele, and M. K. Hausbeck. 2013. Evaluation of eggplant rootstocks and pepper varieties for potential resistance to isolates of *Phytophthora capsici* from Michigan and New York. Plant Dis. 97 (8): 1037-1041.

Fravel, D. R. 2005. Commercializan and implementation of biocontrol. Ann. Rev. Phytopathol. 43: 337-359.

French-Monar, R. D., F. A. Rodrigues, G. H. Korndorfer, and L. E. Datnoff. 2010. Silicon suppress phytophthora blight on bell pepper. 158 (7/8): 554-560.

Frey, S. and T. L. W. Carver. 1998. Induction of systemic resistance in pea powdery mildew by exogenous application of salicylic acid. J. Phytopathol. 146 (5/6): 239-245.

Fulton, R. W. 1986. Practices and precautions in the use of cross protection for plant virus disease control. Ann. Rev. Phtytopathol. 24: 67-81.

Gamil, N. A. M. 1995a. Induced resistance in squash plants against powdery mildew by cobalt and phosphate sprays. Annals of Agricultural Sciences. Moshtohor 33 (1): 183-194.

Gamil, N. A. M. 1995b. Aspirin induces resistance to powdery mildew in squash plants. Annals of Agricultural Science, Mohtohor 33 (2): 681-691.

Gamliel, A. and J. Katan. 1991. Involvement of fluorescent Pseudomonads and other microorganisms in increased growth response of plants in solarized soils. Phytopathology 81: 494-502.

Gamliel, A. and J. J. Stapleton. 1993. Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. Plant Dis. 77: 886-891.

Gamliel, A., A. Grinstein, V. Zilberg, M. Beniches, J. Katan, and O. Ucko. 2000. Control of soilborne diseases by combination of soil solarization and fumigants. Acta Hort. No. 532: 157-164.

Gardner, B. B. M. and D. R. Fravel. 2002. Biological control of plant pathogens: research, commercialization, and application in the USA. 13 p. The Internet.

Gatto, M. A. et al. 2011. Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal disease of fruit and vegetables. Postharvest Biol. Technol. 61: 72-82.

Ge, Y. H. et al. 2015. Postharvest ASM dipping and DPI pre-treatment regulated reactive oxygen species metabolism in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 99: 160-167.

Georgakopoulos, D. G., P. Fiddaman, C. Leifert, and N. E. Malathrakis. 2002. Biological control of cucumber and sugarbeet damping-off caused by *Pythium ultimum* with bacterial and fungal antagonists. J. Appl. Micribiol. 92 (6): 1078-1086.

Ghini, R., W. Bettiol, C. A. Spadotto, G. E. de Moraes, L. C. Paraiba, and J. L. de C. Mineiro. 1993. Soil solarization for the control of tomato and eggplant verticillium wilt and its effect on weed and micro-arthopod communities. Summa Phytoparasitica 19 (3-4): 183-189 (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 367).

Ghoshen, H. Z., K. M. Hameed, M. A. Turk, and A. F. Al-Jamali. 1999. Olive (*Olea europea*) jift suppresses broomrape (*Orobanche* spp.) infection in faba bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*), and tomato (*Lycopersicon esculentum*). Weed Technology 13 (3): 457-460.

Giannakou, I. O., I. A. Anastasiadis, S. R. Gowen, and D. A. Prophetou-Athanasiadou. 2007. Effects of a non-chemical nematicide combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes. Crop Protection 26: 1644-1654.

Gilardi, G. et al. 2013. Integrated management of *Phytophthora capsici* on bell pepper by combining grafting and compost treatment. Crop Prot. 53: 13-19.

Giorgini, M. and G. Viggiani, 1994. Results of an integrated control trial against *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) on fresh tomatoes in protected cultivation (second crop). (In Italian with English summary). Informatore fitopatologico 44 (7-8): 49-53. (c. a. Hort. Abstr. 66: 1457; 1996).

Giotis, C. et al. 2009. Effect of soil amendments and biological control agents (BCAs) on soil-borne root diseases caused by *Pyrenochaeta lycopersici* and *Verticillium albo-atrum* in organic greenhouse tomato production systems. Europ. J. Plant Pathol. 123 (4): 387-400.

Gnanamanickam, S. S. 2002. Biological control of crop diseases. Marcel Dekker, Inc., N. Y. 468 p.

Gnanamanickam, S. S., P. Vasudevan, M. S. Reddy, J. W. Kloepper, and G. Defago. 2002. Principles of biological control, pp. 1-9. In: S. S. Gnanamaickam (ed.) Biological control of crop diseases. Marcel Dekker, Inc., N. Y.

Godard, J. F., S. Ziadi, C. Monot, D. le Corre and D. Silué. 1999. Benzothiadiazole (BTH) induces resistance in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) to downy mildew of crucifers caused by *Peronospora parasitica*. Crop Prot. 18 (6): 397-405.

Gogo, E. O. et al. 2014. Microclimate modification and insect pest exculusion using Agronet improve pod yield and quality of French bean. HortScience 49 (10): 1298-1304.

Goldberg, N. P., M. E. Stanghellini, and S. L. Rasmussen. 1992. Filtration as a method for controlling pythium root rot of hydroponically grown cucumbers. Plant Disease 76: 777-779.

Gondim, D. M. F., D. Terao, A. S. Martins-Miranda, I. M. Vasconcelos, and J. T. A. Oliveira. 2008. Benzo-thiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester does not protect melon fruits against *Fusarium pallidoroseum* but induces defense responses in melon seedlings. J. Phytopathol. 156 (10): 607-614.

Gong, B. et al. 2013. Efficacy of garlic straw application against root-knot nematodes on tomato. Sci. Hort. 161: 49-57.

Gooding, G. V., Jr. 1975. Inactivation of tobacco mosaic virus in tomato seed with trisodium orthophosphate and sodium hypochlorite. Plant Disease Reporter 59: 770-772.

Gould, H. J. 1987. Protected crops. In: A. J. Burn, T. H. Coaker, and P. C. Jepson (Eds). Integrated Pest Management; pp. 403-424. Academic Pr., London.

Grange, R. I. and D. W. Hand. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. J. Hort. Sci. 62: 125-134.

Gravel, V. et al. 2007. Control of greenhouse tomato root rot (*Pythium ultimum*) in hydroponic systems, using plant-growth-promoting microorganisms. Cand. J. Plant Pathol. 28 (3): 474-475.

Greenough, D. R., L. L. Black, and W. P. Bond. 1990. Alumunum-mulch: an approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. Plant Dis. 74: 805-808.

Grosch, R. and D. Grote. 1998. Suppression of *Phytophthora nicotianae* by application of *Bacillus subtilis* in closed soilless culture of tomato plants. (In German with English Summary). Gartenbauwissenschaft 63 (3): 103-109. c. a. Rev. Plant Pathol. 78: Abstr. 524; 1999.

Gupta, V. P., H. Bochow, S. Dolej, and I. Fischer. 2000. Plant growth-promoting *Bacillus subtilis* strain as potential inducer of systemic resistance in tomato against Fusarium wilt. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenshutz 107 (2): 145-154.

Gurjar, M. S., S. Ali, M. Akhtar, and K. S. Singh. 2012. Efficacy of plant extracts in plant disease management. Agr. Sci. 3 (3): 425-433.

Guzmán-Valle, P. et al. 2014. Induction of resistance to *Sclerotium rolfsii* in different varieties of onion by inoculation with *Trichoderma asperellum*. Europ. J. Plant Pathol. 138 (2): 223-229.

Gwinn, K. D. et al. 2010. Role of essential oils in control of Rhizoctonia damping-off in tomato with bioactive Monadra herbage. Phytopathology 100 (5): 493-501.

Haberele, R. and E. Schlosser. 1993. Protective and curative effects of Telmion on *Sphaerotheca fuliginea* on cucumber. Mededelingen van de Faculteit Landbpuwwetenschappen. Universiteit Gent. 58 (3b): 1461-1467. c. a. Rev. Plant Pathol. 73 (12): 8012; 1994.

Hacisalihoglu, G., J. Pingsheng, L. M. Longo, S. Olson, and T. M. Momol. 2007. Bacterial wilt induced changes in nutrient distribution and biomass and the effect of acibenzolar-S-methyl on bacterial wilt in tomato. Crop Protection 27 (7): 978-982.

Hafez, Y. M., Y. A. Bayoumi, Z. Pap., and N. Kappel. 2008. Role of hydrogen peroxide and pharmaplant-turbo against cucumber powdery mildew fungus under organic and inorganic production. International J. Hort. Sci. 14 (3): 39-44.

Hagler, J. R. 2000. Biological control of insects, pp. 207-241. In: J. E. Rechcigl and N. A. Rechcigl (eds.). Insect pest management. Lewis Publishers, Boca Raton.

Haikal, N. Z. 2007. Control of Pythium damping-off of squash (*Cucurbita pepo*) by seed treatment with crop straw and soil by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Plant Pathol. J. 6: 95-98.

Haikal, N. Z. 2007. Improving biological control of fusarium root-rot in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by allelopathic plant extracts. International J. Agr. Biol. 9 (3): 459-461.

Hamed, H. A. 1999. Biological control of basal stem rot and wilt of cucumber caused by *Pythium ultimum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. African J. Mycol. Biotechnol. 7 (1): 81-91.

Hammerschmidt, R. 2004. Induced plant resistance to fungal pathogens: mechanisms and practical applications, pp. 179-206. In: Z. K. Punja (ed.). Fungal disease resistance in plants: biochemistry, molecular biology, and genetic engineering. Food Products Press, N. Y.

Hammerschmidt, R., J. P. Métraux, and L. C. Van Loon. 2001 Inducing resistance: a summary of papers presented at the first international symposium on induced restance to plant diseases, Corfu, May 2000. Europ. J. Plant Pathol. 107: 1-6.

Hanna, H. Y. 2000. Double-cropping muskmelons with nematode-resistant tomatoes increases yield, but mulch color has no effect. HortScience 35 (7): 1213-1214.

Harel, Y. M., Z. H. Mehari, D. Rav-David, and Y. Elad. 2014. Systemic resistance to gray mold induced in tomato by benzothiadiazole and *Trichoderma harzianum* T39. Phytopathology 104 (2): 150-157.

Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease 84 (4): 377-393.

Harman, G. E. 2006. Overiew of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96 (2) 190-194.

Harrier, L. A. and C. A. Watson. 2003. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. Adv. Agron. 20: 185-225.

Harrison, Y. A. and A. Stewart. 1988. Selection of fungal antagonists for biological control of onion white rot in New Zealand. N. Z. J. Exp. Agr. 16 (3): 249-256.

Hartmann, H. T. and D. E. Kester. 1983. (4th ed.). Plant Propagation: principles and practices. Prentice/Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 727 p.

Hartz, T. K., C. R. Bogle, D. A. Bender, and F. A. Avila. 1989. Control of pink root disease in onion using solarization and fumigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 587-590.

Hartz, T. K., J. E. De Vay, and C. L. Elmore. 1993. Solarization is an effective soil disinfesiation technique for strawberry production. HortScinence 28: 104-106.

Hashem, M. and K. A. Abo-Elyousr. 2011. Management of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato with combinations of different biocontrol organisms. Crop Prot. 30: 285-292.

Hass, B., D. M. Glen, P. Brain and L. A. Hughes. 1999. Targeting biocontrol with the slug-parasitic nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* in slug feeding areas: a model study. Biocontrol Science and Technology 9 (4): 587-598.

Hassan, M. A. E. and H. Bauchenauer. 2009. Enhanced control of bacterial wilt of tomato by DL-3-aminobutyric acid and the fluorescent *Pseudomonas* isolate CW2. J. Plant Dis. Prot. 115 (5): 199-207.

Hassenberg, K., M. Geyer, and W. B. Herppich. 2010 Effect of acetic acid vapour on the natural microflora and *Botrytis cinerea* of strawberries. Europ. J. Hort. Sci. 75: 141-146.

Helbig, J. 2001. Biological control of *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr. in strawberry by *Paenibacillus polymyxa* (isolate 18191). J. Phytopathol. 149 (5): 265-273.

Helbig, J. 2002. Ability of the antagonistic yeast *Cryptococcus albidus* to control *Botrytis cinerea* in strawberry. Biocontrol 47 (1): 85-99.

Herman, M. A. B., B. A. Nault, and C. D. Smart. 2008. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestations in New York. Crop Protection 27 (6): 996-1002.

Herman, M. A. B., J. K. Davidson, and C. D. Smart. 2008. Induction of plant defense gene expression by plant activators and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in greenhouse-grown tomatoes. Phytopathology 98 (11): 1226-1232.

Hershenhorn, J. et al. 1996. Role of pepper (*Capsicum annuum*) as a trap and catch crop for control of *Orobanche aegyptiaca* and *O. cernua*. Weed Sci. 44 (4): 948-951.

Hibar, K., M. Daami-Remadi, W. Hamada, and M. El-Mahjoub. 2006. Bio-fungicides as an alternative for tomato *Fusarium* crown and root rot control. Tunisian J. Plant Prot. 1 (1): 19-29.

Hijwegen, T. and M. A. Verhaar. 1995. Effects of cucumber genotype on the induction of resistance to powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, by 2,6-dichloroisonictonic acid. Plant Pathology 44 (4): 756-762.

Hilje, L., H. S. Costa, P. A. Stansly. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and assoiated viral diseases. Crop Prot. 20 (9): 801-812.

Himmeistein, J. C., J. E. Maul, and K. L. everts. 2014. Impact of five cover crop green manures and actinovate on fusarium wilt of watermelon. Plant Dis. 98 (7): 965-972.

Hoffland, E., J. Hakulinen, and J. A. van Pelt. 1996. Comparison of systemic reistance induced by avirulent and nonpathogenic *Pseudomonas* species. Phytopathology 86: 757-762.

Hoffland, E., M. J. Jeger, and M. L. van Beusichem. 2000. Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. Plant and Soil 218: 239-247.

Hoitink, H. A. J., A. G. Stone, and D. Y. Han. 1997. Suppression of plant diseases by compsts. HortScience 32 (2): 184-187.

Holt, J., J. Colvin, and V. Muniyappa. 1999. Identifying control strategies for tomato leaf curl virus disease using an epidemiological model. J. App. Ecol. 36 (5): 625-633.

Holzinger, A., D. Nagendra-Prasad, and G. Huys. 2011. Plant protection potential and ultrastructure of *Bacillus subtilis* 3A25. Crop Prot. 30: 739-744.

Honda, N., M. Hirai, T. Ano, and M. Shoda. 1999. Control of tomato damping-off caused by *Rhizoctonia solani* by the heterotrophic nitrifier *Alcaligenes faecalis* and its product, hydroxylamine. Ann. Phytopathol. Soc. Jap. 65 (2): 153-162.

Hong, J. K., B. K. Hwang, and C. H. Kim. 1999. Induction of local and systemic resistance to *Colletotrichum coccodes* in pepper plants by DL-β-amino-n-butyric acid. J. Phytopathol. 147 (4): 193-198.

Horinouchi, H. et al. 2008. Control of fusarium crown and root rot of tomato in a soil system by combination of a plant growth-promoting fungus, *Fusarium equiseti*, and biodegradable pots. Crop Protection 27 (3-5): 859-864.

Horticulture Australia. 2005. Control of sclerotinia diseases. VEGE notes. 4 p. The Internet.

Hu, K. D., L. Y. Hu, Y. H. Li, Y. S. Liu, and H. Zang. 2014. Hydrogen sulfide acts as a fungicide to alleviate senescence and decay in fresh-cut sweet potato. HortScience 49 (7): 938-943.

Huang, Y., B. J. Deverall, W. H. Tang, W. Wang, and F. W. Wu. 2000. Foliar application of acibenzolar-S-methyl and protection of postharvest rock melons and Hami melons from disease. Europ. J. Plant Pathol. 106: 651-656.

Huang, H. C., R. S. Erickson, and T. F. Hsieh. 2007. Control of bacterial wilt of bean (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*) by seed treatment with *Rhizobium leguminosarum*. Crop Protection 26 (7): 1055-1061.

Huang, Y., C. K. Xu, L. Ma, K. Q. Zhang, C. Q. Duan, and M. H. Mo. 2010. Characterisation of volatiles produced from *Bacillus megaterium* YFM3.25 and their nematicidal activity against *Meloidogyne incognita*. Europ. J. Plant Pathol. 126 (3): 417-422.

Huang, C. H., P. D. Roberts, and L. E. Datnoff. 2011. Silicon suppresses fusarium crown and root rot of tomato. J. Phytopathol. 159 (7/8): 546-554.

Huang, C. H. et al. 2012. Effect of application frequency and reduced rates of acibenzolar-S-methyl on the field efficacy of induced resistance against bacterial spot on tomato. Plant Dis. 96 (2): 221-227.

Huber, D. M. and R. D. Graham. 1999. The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases, pp. 169-226. In: Z. Rengel (ed.). Mineral nutrition of crops. Food Products Press, N. Y.

Ijani, A. S. M., R. B. Mabagala, and S. Nchimbi-Mosolla. 2000. Efficacy of different control methods applied separately and in combination in managing root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in common beans. Europ. J. Plant Pathol. 106: 1-10.

Ippolito, A. and F. Nigro. 2000. Impact of preharvest application of biological control agent on postharvest diseases of fresh fruits and vegetables Crop Prot. 19 (8-10): 715-723.

Isakeit, T. and G. Philley. 2007. Disease management. In: Vegetable handbook.
<http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/veghandbook/chapter7/ch... >

Islam, T. M. and K. Toyota. 2004. Suppression of bacterial wilt of tomato by *Ralstonia solanacearum* by incorporaction of composts in soil and possible mechanisms. Microbes and environments 19 (1): 53-60.

Islam, S. Z., M. Babadoost, and Y. Honda. 2002. Effect of red light treatment of seedlings of pepper, pumpkin, and tomato on the occurrence of phytophthora damping-off. HortScience 37 (4): 678-681.

Islam, S. Z., M. Babadoost, S. Bekal, and K. Lambert. 2008. Red light-induced systemic disease resistance against root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC 3000. J. Phytopathol. 156: 708-714.

Islam, M. S., H. M. K. Bashar, M. I. A. Howlader, J. U. Sarker, and M. H. Al-Mamun. 2013. Effect of grafting on watermelon growth and yield. Khon Kaen Agr. J. 41 Suppl. 1.

Issa-Zacharia, A., Y. Kamitani, H. S. Muhimbula, and B. K. Ndabikunze. 2010. A review of microbiological safety of fruits and vegetables and the introduction of electrolyzed water as an alternative to sodium hypochlorite solution. African J. Food Sci. 4 (13): 778-789.

Jacobsen, B. 2002. Biological control of potato pathogens, pp. 179-189. In: S. S. Gnanamanickam (ed.). Biological control of crop diseases. Marcel Dekker, Inc., N. Y.

Jacobson, R., A. Greenberger, J. Katan M. Levi, and H. Alon. 1980. Control of Egyptian broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and other weeds by means of solar heating of soil by polyethylene mulching. Weed Sci. 28: 312-316.

Jaime, M. D. L. A., T. Hsiang, and M. R. McDonald. 2008. Effects of *Glomus intraradices* and onion cultivar on *Allium* white rot development in organic soils in Ontario. Canad. J. Plant Pathol. 30 (4): 543-553.

Jakab, G., V. Cottier, V. Toquin, G. R. Rigoli, L. Zimmerli, J. P. Métraux, and B. Mauch-Mani. 2001 β-Aminobutyric acid-induced resistance in plants. Europ. J. Plant Pathol. 107: 29-37.

Jarvis, W. R. 1989. Managing diseases in greenhouse crops. Plant Disease 73: 190-194.

Javed, N., S. R. Gowen, S. A. El-Hassan, M. Inam-ul-Haq. F. Shahina and B. Pembroke. 2008. Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. Crop Protection 27 (1): 36-43.

Jayaraj, J., M. Rahman, A. Van, and Z. K. Punja. 2009. Enhanced resistance to foliar fungal pathogens in carrot by application of elicitors. Ann. App. Biol. 155 (1): 71-80.

Jensen, B. D., A. O. Latunde-Dada, D. Hudson, and J. A. Lucas. 1998. Production of *Brassica* seedlings against downy mildew and damping-off by seed treatment with CGA 245704, an activator of systemic acquired resistance. Pesticide Sci. 52 (1): 63-69.

Jensen, M. H., M. Valenzuela, and D. D. Fangmeler. 1999. Using non-woven floating covers on summer squash for exclusion of whitefly-transmitted Gemini viruses. Plasticulture No. 118: 14-19.

Jetiyanon, K. and J. W. Kloepper. 2002. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. Biological Control 24 (3): 285-291.

Ji, P. et al. 2006. Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using foliar biological control agents and plant growth-promoting rhizobacteria. Biol. Cont. 36 (3): 358-367.

Jiang, J. F., J. G. Li, and Y. H. Dong. 2013. Effect of calcium nutrition on resistance of tomato against bacterial wilt induced by *Ralstonia solanacearum*. Europ. J. Plant Pathol. 136 (3): 547-555.

Jogaiah, S., M. Abdelrahman, L. S. P. Tran, and I. Shin-Ichi. 2013. Characterization of rhizosphere fungi that mediate resistance in tomato against bacterial wilt disease. J. Exp. Bot. 64 (12): 3829-3842.

Johnson, D. A., D. A. Inglis, and J. S. Miller. 2004 Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. Plant Disease 88 (10): 1153-1159.

Jones, E. E. and A. Stewart. 1997. Biological control of *Sclerotinia minor* in lettuce using *Trichoderma* species. Proc. 50th N. Z. Plant Prot. Conf., 154-158.

Joshi, D., K. S. Hooda, J. C. Bhatt, B. L. Mina, and H. S. Gupta. 2009. Suppressive effects of composts on soil-borne and foliar diseases of French bean in the field in the western Indian Himalayas. Crop Prot. 28 (7): 608-615.

Kang, N. J. 2008. Inhibition of powdery mildew development and activation of antioxidant enzymes by induction of oxidative stress with foliar application of a mixture of riboflavin and methionine in cucumber. Sci. Hort. 118 (3): 181-188.

Kandan. A., R. R. Commare, R. Nandakumar, M. Ramiah, T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2002. Induction of phenyl-propanoid metabolism by *Pseudomonas fluorescens* against tomato spotted wilt virus in tomato. Folia Microbiologica 47(2): 121-129.

Kammerich, J., S. Beckmann, I. Scharafat, and J. Ludwig-Müller. 2014. Suppression of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae* by plant growth promoting formulations in roots of two *Brassica* species. Plant Pathol. 63 (4): 846-857.

Kaskavalci, G. 2007, Effects of soil solarization and organic amendment treatments for controlling *Meloidogyne incognita* in tomato cultivars in Western Anatolia. Turkish J. Agr. For. 31: 159-167.

Kaskavalci, G., Y. Tuzel, O. Dura, and G. B. Oztekin. 2009. Effects of alternative methods against *Meloidogyne incognita* in organic tomato production. Ekoloji 18 (72): 23-31.

Kasperbauer, M. J. 2004. Colored mulch starves nematodes – red plastic mulch, nematodes antidote. The Internet.

Kasuya, M., A. R. Olivier, Y. Ota, M. Tojo, H. Honjo, and R. Fukui. 2006. Induction of soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* by incorporation of dried plant residues into soil. Phytopathology 96 (12): 1372-1379.

Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: studies and prospects. Plant Dis. 64: 450-454.

Kay, S. T. and A. Stewart. 1994. Evaluation of fungal antagonists for control of onion white rot in soil box trials. Plant Pathol. 43 (2): 371-377.

Keinath, A. P. and R. L. Hassell. 2014. Control of fusarium wilt of watermelon by grafting onto bottlegourd or interspecific hybrid squash despite colonization of rootstocks by *Fusarium*. Plant Dis. 98 (2): 255-266.

Keinath, A. P. and R. L. Hassell. 2014. Suppression of fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* race 2 on grafted triploid watermelon. Plant Dis. 98(10): 1326-1332.

Kerkeni, A., M. Daami-Remadi, N. Tarchoun, and M. Ben Khedher. 2008. Effect of bacterial isolates obtained from animal manure compost extracts on the development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Asian J. Plant Pathol. 2 (1): 15-23.

Khalil, S., Hultberg, and B. W. Alsanius. 2009. Effects of growing medium on the interactions between biocontrol agents and tomato root pathogens in a closed hydroponic system. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84 (5): 489-494.

Khan, J., J. J. Ooka, S. A. Miller, L. V. Madden, and H. A. J. Hoitink. 2004. Systemic resistance induced by *Trichoderma hamatum* 382 in cucumber against Phytophthora crown rot and leaf blight. Plant Dis. 88 (3): 280-286.

Khastini, R. O., T. Ogawara, Y. Sato, and K. Narisawa. 2014. Control of fusarium wilt in melon by the fungal endophyte *Cadophora* sp. Europ. J. Plant Pathol. 139 (2): 339-348.

Kim, M. A. and S. J. Choi. 2002. Induction of gray mold rot resistance by methyl salicylate application in strawberry fruits. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 43 (1): 29-33. c. a. Hort. Abstr. 72 (9): Abstr. 8049; 2002).

King, S. R., A. R. Davis, W. Liu, and A. Levi. 2008. Grafting for disese resistance. HortScience 43 (6): 1673-1676.

Klasse, H. J. 1996. Calcium cyanamide – an effective tool to control clubroot – a review. Acta Hort. No. 407: 403-409.

Kloepper, J. W., C. M. Ryu, and S. Zhang. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. Phytopathology 94: 1259-1266.

Kobayashi, F., H. Ikeura, S. Ohsato, T. Goto, and M. Tamaki. 2011. Disinfection using ozone microbubbles to inactivate *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Crop Prot. 30: 1514-1518.

Koch, E. et al. 2010. Evaluation of non-chemical seed treatment methods for the control of *Alternaria dauci* and *A. radicina* on carrot seeds. Europ. J. Plant Pathol. 127 (1): 99-112.

Kokalis-Burelle, N. 2002. Biological control of tomato diseases, pp. 225-262. In: S. S. Gnanamanickam (ed.). Biological control of crop diseases. Marcel Dekker, Inc., N. Y.

Kosaka, Y. and T. Fukunishi. 1997. Multiple inoculation with three attenuated viruses for the control of cucumber virus disease. Plant Disease 81: 733-738.

Koron, D., S. Sonjak, and M. Regvar. 2014. Effects of non-chemical soil fumigant treatments on root colonization with arbuscular mycorrhizal fungi and strawberry fruit production. Crop Prot. 55: 35-41.

Kousik, C. S., D. C. Sanders, and D. F. Ritchie 1996. Mixed genotypes combined with copper sprays to manage bacterial spot of peppers. Phytopathology 86: 502-508.

Kraft, J. M. and W. Boge. 2001. Root characteristics in pea in relation to compaction and Fusarium root rot. Plant Dis. 85 (9): 936-940.

Kring, T. B. and D. J. Schuster. 1992. Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches. Florida Entomologist 75: 119-129.

Kromann, P. et al. 2012. Use of phosphate to manage foliar potato late blight in developing countries. Plant Dis. 96 (7): 1008-1015.

Kuć, J. 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. Europ. J. Plant Pathol. 107: 7-12.

Kuepper, G. 2004. Thrips management alternatives in the field. ATTRA Pub. No. IP132. 6 p. The Internet.

Kuepper, G. and P. Sullivan. 2004. Organic alternatives for late blight control in potatoes. ATTRA. 8 p. The Internet.

Kumar, P. and. A. K. Sood. Integration of antagonistic rhizobacteria and soil solarization for the management of bacterial wilt of tomato caused by *Ralsonia solanacearum*. Indian Phytopathology 54 (1): 12-15.

Kunwar, S. et al. 2015. Grafting using rootstocks with resistance to *Ralstonia solanacearum* against *Meloidogyne incognita* in tomato production. Plant Disease 99 (1): 119-124.

Labbé, R. M., D. R. Gillespie, C. Cloutier, and J. Brodeur. 2009. Compatibility of an entomopathogenic fungus with a predator and a parasitoid in the biological control of greenhouse whitefly. Biocontrol Science and Technology 19 (4): 429-446.

Labrada, R. 2010. Non-chemical alternatives to methyl bromide for soil-borne pest control. 13 p. The Internet.

Lafontaine, P. J. and N. Benjamou. 1996. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resitance of greenhouse tomato plants to infection by *Fusarium oxysporium* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biocontrol Science and Technology 6 (1): 111-124.

Lang, J. M., D. H. Gent, and H. F. Schwartz. 2007. Management of Xanthomonas leaf blight of onion with bacteriophages and a plant activator. Plant Disease 91 (7): 871-878.

Larentzaki, E., A. M. Shelton, and J. Plate. 2008. Effect of kaolin particle film on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), oviposition, feeding and development on onions: a lab and field case study. Crop Protection 27 (3-5): 727-734.

Larkin, R. P. 2008. Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and soilborne diseases of potato. Soil Biol. Biochem. 40 (6): 1341-1351.

Larkin, R. P. and S. Tavantzis. 2013. Use of biocontrol organisms and compost amendments for improved control of soilborne diseases and increased potato production. Amer. J. Potato Res. 90: 261-270.

Latha, P., T. Anand, N. Ragupathi, V. Prakasam, and R. Samlyappan. 2009. Antimicrobiol activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. Biological Control 50 (2): 85-93.

Lazarovits, G. 2010. Managing soilborne disease of potatoes using ecologically based approaches. Am. J. Potato Res. 87: 401-411.

Lebeda, A. and Y.. Cohen. 2011. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) – biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. Eur. J. Plant Pathol. 129: 157-192.

Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29 (4): 235-239.

Lee, S. W. et al. 2010. *Pseudomonas* sp. LSW25R, antagonistic to plant pathogens, promoted plant growth, and reduced blossom-end rot of tomato fruit in a hydroponic system. Europ. J. Plant Pathol. 126 (1): 1-11.

Legard, D. E., C. L. Xiao, J. C. Mertely, and C. K. Chaadler. 2000. Effects of plant spacing and cultivar on incidence of Botrytis fruit rot in annual Strawberry. Plant Dis. 84 (5): 531-538.

Leyva, M. O. et al. 2008. Preventive and post-infection control of *Botrytis cinerea* in tomato plants by hexanoic acid. Plant Pathol. 57 (6): 1038-1046.

Li, L. et al. 2012. Screening and partial characterization of *Bacillus* with potential applications in biocontrol of cucumber fusarium wilt. Crop Protection 35 : 29-35.

Li, B. et al. 2013. Effect of chitosan solution on the inhibition of *Acidovorax citrulli* causing bacterial fruit blotch of watermelon. J. Sci. Food Agr. 93 (5): 1010-1015.

Lievens, B., K. Vaes, J. Coosemans, and J. Ryckeboer. 2001. Systemic resistance induced in cucumber against Pythium root rot by source separted household waste and yard trimmings composts. Compost. Science & Utilization 9 (3): 221-229.

Liew, C. L. and R. K. Prange. 1994. Effect of ozone and storge temperature on postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (3): 563-567.

Liljeroth, E., T. Bengtsson, L. Wiik, and E. Andreasson. 2010. Induced resistance in potato to *Phytophthora infestans* – effects of BABA in greenhouse and field tests with different potato varieties. Europ. J. Plant Pathol. 127 (2): 171-183.

Lillo, C., V. Bjordal, K. Johansen, T. Netteland, R. E. Pedersen, E. Svendsen, L. Solvberg, P. Ruoff, and S. O. Grimstad. 1993. Effects of membrane filtration on organic matter and viable bacteria in recerculating nutrient solution in greenhouse. Acta Agriculture Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science (43 (2): 121-124. (c. a. Hort. Abstr. 65: 1243; 1995).

Lin, T. C. and H. Ishii. 2009. Accumulation of H_2O_2 in xylem fluids of cucumber stems during ASM-induced systemic acquired resistance (SAR) involves increased LOX activity and transient accumulation of shikimc acid. Europ. J. Plant Pathol. 125 (1): 119-130.

Lin, C. H., S. T. Hsu, K. C. Tzeng, and J. F. Wang. 2008. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. Plant Dis. 92 (6): 909-916.

Liu, H. C., Z. J. Kin, Y. G. Tian, and A. M. Yu. 1995. Control of *Fusarium* in watermelon by grafting in successive seasons. (In Chinese). China Vegetables No. 1: 12-14. c. a. Rev. Plant Pathol. 76 (8): 6534; 1997.

Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995a. Induction of systemic resistance in cucumber against Fusarium wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 85: 695-698.

Liu, F. et al. 2010. Control effects of some plant extracts against cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) and their stability study. Europ. J. Hort. Sci. 75 (4): 147-152.

Liu, C. H. et al. 2011. Postharvest UV-B irradiation maintains sensory qualities and enhances antioxidant capacity in tomato fruit during storage. Postharvest Biol. Technol. 59 (3): 232-237.

Liu, H. X. et al. 2014. Biological control of Ralstonia wilt, Phytophtora blight, Meloidogyne root-knot on bell pepper by the combination of *Bacillus subtilis* AR12, *Bacillus subtilis* SM21 and *Chryseobacterium* sp. R89. Europ. J. Plant Pathol. 139 (1): 107-116.

Liu, Y. Y. et al. 2014. Effect of postharvest acibenzolar-S-methyl dipping on phenylpropanoid pathway metabolism in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruits. Sci. Hort. 168: 113-119.

Lobato, M. C. et al. 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. Europ. J. Plant Pathol. 122 (3): 349-358.

Lobato, M. C. et al. 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. Eur. J. Plant Pathol. 130: 155-163.

Loganathan, M. et al. 2010. *Trichoderma* and chitin mixture based bioformulation for management of head rot (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) deBary)-root-knot (*Meloidogyne incognita* Kofoid and White, Chitwood) complex diseases of cabbage. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43 (10): 1011-1024.

Louws, F. J., M. Wilson, H. L. Campbell, D. A. Cuppels, J. B. Jones, P. B. Shoemaker, F. Sahin, and S. A. Miller. 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. Plant Disease 85: 481-488.

Louws, F. J. et al. 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. Plant Dis. 85 (5): 481-488.

Louws, F. J., C. L. Rivard, and C. Kubota. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthopods and weeds. Sci. Hort. 127: 127-146.

Lowery, D. T., K. C. Eastwell, and M. J. Smirle. 1997. Neem seed oil inhibits aphid transmission of potato virus Y to pepper. Annals of Applied Biology 130 (2): 217-225.

Ma, L. P. et al., 1996. The inhibitory effects of compost extracts on cucumber downy mildew and the possible mechanism: (In Chinese with English summary). Acta Phytopathologica Sinica 23 (1): 56-60. c. a. Rev. Plant Pathol. 75 (10): 6714; 1996.

Ma, L. P., F. Gao, and X. W. Qiao. 1999. Efficicacy of compost extracts to cucumber wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) and its mechanisms. (In Chinese with English summary). Acta Phytopathologica Sinica 29 (3): 270-274. c. a. Rev. Plant Pathol. 79 (2): Abstr. 1187; 2000.

Mahdy, A. M. M., M. H. Abd El-Mageed, M. A. Hafez, and G. A. Ahmed. 2006. Using alternatives to control cucumber powdery mildew under green- and commercial protected-house conditions. Fayum J. Agr. Res. & Dev. 20 (2): 121-138.

Maheshwari, S. K. and L. C. Saini. 1992. Black leg of potato and its control. Agricultural Science Digest (Karnal) 12 (1): 53-54. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995; 74; 349).

Maheswari, C. U. and A. Sankaralingam. 2010. Role of toxin produced by *Alternaria alternata* in leaf blight of watermelon and its degradation by biocontrol agents. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (1): 41-50.

Manikandan, R. and T. Raguchander. 2014. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* retardation through induction of defense response in tomato plants using a luquid formulation of *Pseudomonas fluorescens* (Pf1). Europ. J. Plant Pathol. 140 (3): 469-480.

Manjunath, M. et al. 2010. Biocontrol potential of cyanobacterial metabolites against damping off disease caused by *Pythium aphanidermatum* in solanaceous vegetables. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43 (7): 666-677.

Mansour, A. N. 1997. Prevention of mosaic virus diseases of squash with oil spray alone or combined with insecticide or aluminum soil mulch. Dirasat. Agricultural Sciences 24 (2): 146-151.

Marco, S. 1993. Incidence of nonpersistently transmitted viruses in pepper sprayed with whitewash, oil and insecticide, alone or combined. Plant Disease 77 (11): 1119-1122.

Marco, S., O. Ziv, and R. Cohen. 1994. Suppression of powdery mildew in squash by applications of whitewash, clay and antitranspirant materials. Phytopathology 22 (1): 19-29.

Marcucci, E., M. P. Aleandri, G. Chilosi, and P. Magro. 2010. Induced resistance by β-aminobutyric acid in artichoke against white mould caused by *Sclerotinia sclerotiorum* J. Phytopathol. 158: 659-667.

Mari, M., M. Guizzardi, M. Brunelli, and A. Folchi 1996. Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. Crop Protection 15 (8): 699-705.

Markakis, E. A., S. E. Tjamos, I. Chatzipavlidis, P. P. Antoniou, E. J. Paplomatas. 2008. Evaluation of compost amendments for control of vascular diseases. J. Phytopathol. 156 (10): 622-627.

Marquenie, D. et al. 2002. Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilina fructigena* using UV-C and heat treatment. Int. J. Food Microbiol. 74 (1-2): 27-35.

Martin, W. R., Jr. 1997. Using entomopathogenic nematodes to control insects during stand establishement. HortScience 32 (2): 196-198.

Martin, F. N. 2003. Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide. Ann. Rev. Phytopathol. 41: 325-350.

Martinez, F., S. Castillo, E. Carmona, and M. Avilés. 2010. Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. Sci. Hort. 125 (4): 756-760.

Martinez-Medina, A., J. A. Pascual, E. Lloret, A. Roldán. 2009. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzinum* and their effects on Fusarium wilt in melon plants grown in seedling nurseries. J. Sci. Food Agr. 89 (11): 1843-1850.

Mashela, P. W., H. A. Shimelis, and F. N. Mudau. 2008. Comparison of the efficacy of ground wild cucumber fruits, aldicarb and fenamiphos on suppression of *Meloiogyne incognita* in tomato. J. Phytopathol. 156 (5): 264-267.

Matheron, M. E. and M. Porchas. 2002. Suppression of Phytophthora root and crown rot on pepper plants treated with Acibenzolar-S-methyl. Plant Disease 86 (3): 292-297.

Matsui, M. 1995. Efficiency of *Encarsia formosa* Gahan in suppressing population density of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring on tomatoes in plastic greenhouse. (In Japanese with English summary). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 39 (1): 25-31. (c. a. Hort. Abstr. 66: 526; 1996).

Maude, R. B. 1990. Leaf diseases of onions, pp. 173-189. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds.). Onions and allied crops. Vol. II Agronomy, biotic interactions, pathology, and crop protection. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Mauromicale, G., A. Lo Monaco, A. M. G. Longo, and A. Restuccia. 2005. Soil solarization, a nonchemical method to control branched broomrape (*Orobanche ramosa*) and improve the yield of greenhouse tomato. Weed Sci. 53 (6): 877-883.

Mayton, H., K. Myers, and W. E. Fry. 2008. Potato late blight in tubers - the role of foliar phosphonate applications in suppressing pre-harvest tuber infections. Crop Protection 27 (6): 943-950.

McAvoy, T., J. H. Freeman, S. L. Rideout, S. M. Olson, and M. L. Paret. 2012. Evaluation of grafting using hybrid rootstocks for management of bacterial wilt in field tomato production. HortScience 47 (5): 621-625.

McCarty II, D. G., S. E. E. Inwood, and B. H. Ownley. 2014. Field evaluation of carbon sources for anaerobic soil disinfestation in tomato and bell pepper production in Tennessee. HorScience 49 (3): 272-280.

McConchie, R., K. McDonald, B Anwaral, and S. C. Morris 2007. Systemic acquired resistance as a strategy for disease management in rockmelon (*Cucumis melo* var. *reticulates*). Acta Hort. No. 731: 205-210.

McGrath, M. T. and N. Shishkoff. 1999. Evaluation of biocompatible products for managing cucurbit powdery mildew. Crop Protection 18 (7): 471-478.

McGrath, M. T. and N. Shishkoff. 2000. Control of cucurbit powdery mildew with JMS Stylet-Oil. Plant Dis. 84 (9): 989-993.

McKay, A. G., R. M. Floyd, and C. J. Boyd. 1992. Phosphonic acid controls downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower curds. Aust. J. Exp. Agr. 32 (1): 127-129.

McLean, K. L. and A. Stewart. 2000. Application strategies for control of onion white rot by fungal antagonists. N. Z. J. Crop Hort. Sci. 28 (2): 115-122.

McQuilken, M. P., J. M. Whipps, and J. M. Lynch. 1994. Effects of water extracts of a composted manure-straw mixture on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. World J. Microbiol. Biotechnol. 10 (1): 20-26 (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 73; 7127).

McKuria, T., P. Blaeser, U. Steiner, and H. W. Dechne. 1999. Bryophytes as a new source of antifungal substances in crop protection, pp. 483-490. In: H. Lyr, P. E. Russell, J. W. Dehne, and H. D. Sisler (eds.). Modern fungicides and antifungal compounds II. Intercept Limited, Andover, UK.

Mednyánszky, Z., A. S. Szabó, and J. Simon. 1994. Effect of synergolux treatment on vegetables during storage. Acta Hort. No. 368: 281-284.

Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A. D. M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (6): 902-905.

Mercier, J., M. Baka, B. Reddy, R. Corcuff, and J. Arul. 2001. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: induced resistance and germicidal effects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (1): 128-133.

Messiha, N. A. S. et al. 2007. Biological soil disinfestations (BSD), a new control method for potato brown rot, caused by *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2. Europ. J. Plant Pathol. 117 (4): 403-415.

Miller, J. C., Jr., S. Rajapakse, and R. K. Garber. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable crops. HortScience 21: 974-984.

Mine, Y., R. Sakiyama, and H. Saka. 2002 Methodological evaluation of slow sand filters on microbe removal and performance of the filtration system against the spread of tomato bacterial wilt in NFT system. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 71 (1): 107-113. c. a. Rev. Plant Pathol. 81 (9): 8703; 2002.

Mitchell, J., M. Gaskell, R. Smith, C. Fouche, and S. T. Koike. 2000. Soil management and soil quality for organic crops. University of California, Division of Argiculture and Natural Resources. Publication 7248. 5 p.

Mizubuti, E. S. G., V. L. Junior, and G. A. Forbes. 2007. Management of late blight with alternative products. Pest Technology 1 (2): 106-116.

Mohaghegh, P. et al. 2011. Effect of silicon nutrition on oxidative stress induced by *Phytophthora melonis* infection in cucumber. Plant Dis. 95 (4): 455-460.

Molinari, S. amd N. Baser. 2010. Induction of resistance to root-knot nematodes by SAR elicitors in tomato. Crop Prot. 29 (11): 1354-1362.

Molloy, C., L. H. Cheah, and J. P. Koolaard. 2004. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. Postharvest Biol. Technol. 32: 61-65.

Monfort, W. S., A. S. Csinos, J. Desaeger, K. Seebold, T. M. Webster, and J. C. Diaz-Perez. 2007. Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. Crop Protection 26 (9): 1359-1368.

Mosa, A. A. 1997. Effect of foliar application of phosphates on cucumber powdery mildew. Annals of Agricultural Science (Cairo) 42 (1): 241-255.

Mossop, D. W. and C. H. Procter. 1975. Cross protection of glasshouse tomatoes against tobacco mosaic virus. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 3 (4): 343-348.

Mukherjee, S. and H. S. Tripathi. 2000. Biological and chemical control of wilt complex of French bean. J. Mycol. Plant Pathol. 30 (3): 380-385.

Mulder, A., L. J. Turkensteen, and A. Bouman. 1992. Perspectives of green-crop-harvesting to control soil-borne and storage of seed potatoes. Netherlands J. Plant Pathol. 98 (2): 103-114.

Mulrooney, R. P. 2008. Rotation periods to control vegetable diseases. Cooperative Extension. University of Delaware. The Internet.

Munoz, Z., A. Moret, and S. Garcés. 2008. Assessment of chitosan for inhibition of *Colletotrichum* sp. on tomatoes and grapes. Crop Prot. 28 (1): 36-40.

Nagendra-Prasad, D., N. Sudhakar, K. Murugesan, and N. Mohan. 2009. Application of ozone on induction of resistance in *Vigna unguiculata* cv. Co 6. against fusarium wilt. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (7): 633-642.

Narusaka, Y., M. Narusaka, T. Horio, and H. Ishii. 1999. Comparison of local and systemic induction of acquired disease resistance in cucumber plants treated with benzothiazoles or salicylic acid. Plant and Cell Physiology 40 (4): 388-395.

Narusaka, Y., M. Narusaka, T. Horio, and H. Ishii. 1999. Induction of disease resistance in cucumber by acibenzolar-S-methyl and expression of resistance-related genes. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 65 (2): 116-122.

Natwick, E. T. and A. Durazo, III. 1985. Polyester covers protect vegetables from whiteflies and virus disease. Calif. Agr. 39 (7/8): 21-22.

Navi, S. S. and R. Bandyopadhyay. 2002. Biological control of fungal plant pathogens, pp. 354-365. In: J. M. Waller, J. M. Lenné, and S. J. Waller (eds.). Plant pathologist's pocketbook (3rd ed.) CABI Publishing, Wallingford, UK.

Neeraja, C. et al. 2010. Biotechnological approaches to develop bacterial chitinases as a bioshield against fungal diseases of plants. Critical Rev. Biotechnol. 30 (3): 231-241.

Neeta, S., U. Verma, and P. Awasthi. 2006. A combination of the yeast *Candida utilis* and chitosan fruit rot in tomato caused by *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler and *Geotrichum candidum* Link ex Pers. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81 (6): 1052-1056.

Nega, E., R. Ulrich, S. Werner, and M. Jahn. 2003. 2003 Hot water treatment of vegetable seed - an alternative seed treatment method to control seed borne pathogens in organic farming. J. Plant Dis. Prot. 110 (3): 220-234.

Nelson, N. O. and R. R. Janke. 2007. Phosphorus and management in organic production systems. HortTechnology 17: 442-454.

Neubauer, C. and B. Heitmann. 2014. Biofumigation potential of Brassicaceae cultivars to *Verticillium dahliae*. Europ. J. Plant Pathol. 140 (2): 341-352.

Nielsen, C. J., D. M. Ferrin, and M. E. Stanghellini. 2006. Efficacy of biosurfactants in the management of *Phytophora capsici* on pepper in recirculating hydroponic systems. Canad. J. Plant Pathol. 28 (3): 450-460.

Nihouls, P. 1993. Asynchronous populations of *Phytoseiulus persimilis* Athias - Henriot and effective control of *Tetranychus urticae* Koch on tomatoes under glass. J. Hort. Sci. 68 (4): 581-588.

Nijoroge, S. M. C., M. B. Riley, and A. P. Keinath. 2008. Effect of incorporation of *Brassica* spp. residues on population densities of soilborne microorganisms and on damping-off and fusarium wilt of watermelon. Plant Disease 92 (2): 287-294.

Nisini, P. T., G. Colla, E. Granati, O. Temperini, P. Crino, and F. Saccardo. 2002. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. Sci. Hort. 93: 281-288.

Noble, R. and E. Coventry. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. Biocontrol Sci. Technol. 15 (1): 3-20.

Ntirampemba, G., B. E. Langlois, D. D. Archbold, T. R. Hamilton-Kemp, and M. M. Barth. 1998. Microbial populations of *Botrytis cinerea*-inoculated strawberry fruit exposed to four volatile compounds. Journal of Food Protection 61 (10): 1352-1357.

Oberti, D. 1995. Use of slow sand filters and pre-filters in NFT culture of head lettuces. (In French). Revue Horticole Suisse 68 (11/12): 25-36. c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 8530; 1997.

Oostendorp, M., W. Kunz, B. Dietrich, and T. Staub. 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. Europ. J. Plant Pathol. 107: 19-28.

Ohio State University Extension. 2005. Ohio vegetable production guide 2005. Bulletin 672. 279 p.

Ojha, S. and N. C. Chatterjee. 2011. Mycoparasitism of *Trichoderma* spp. in biocontrol of fusarial wilt of tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 44 (8): 771-782.

Oka, Y., R. Offenbach, and S. Pivonia. 2004. Pepper rootstock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. J. Nematol. 36 (2): 137-141.

Oka, Y., N. Shapira, and P. Fine. 2007. Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization. Crop Protection 26 (10): 1556-1565.

Olivier, C., D. E. Halseth, E. S. G. Mizubuti, and R. Loria. 1998. Postharvest application of organic and inorganic salts for suppression of silver scurf on potato tubers. Plant Dis. 82 (2): 213-217.

Oiliver, C., C. R. MacNeil, and R. Loria. 1999. Application of organic and inorganic salts to field-grown potato tuber can suppress silver scurf during potato storage. Plant Dis. 83 (9): 814-818.

Olivieri, F. P. et al. 2012. Phosphite application induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. Crop Prot. 32: 1-6.

Olmez, H. and U. Kretzschmar. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. Food Sci. Technol. 42 (3): 686- 693.

Omar, S. A., N. A. I. Osman, and A. A. Hanafi. 1996. Controlling white rot disease in onion using alfalfa saponin. Bull. Fac. Agr., Univ. Cairo 47: 319-330.

Ondiaka, S., N. K. Maniania, G. H. N. Nyamasyo, and J. H. Nderitu. 2008. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. Annals of Applied Biology 153 (1): 41-48.

Ongena, M., A. Giger, P. Jacques, J. Dommes, and P. Thonart. 2002. Study of bacterial determinants involved in the induction of systemic resistance in bean by *Pseudomonas putida* BTP1. Europ. J. Plant Pathol. 108 (3): 187-196.

Oparaeke, A. M., M. C. Dike, and C. I. Amatobi. 2005. Botanical pesticide mixtures for insect pest management on cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp plants - 2. The pod borer, *Maruca vitrata* Fab. (Lepidoptera: Pyralidae) and pod sucking bug, *Clavigralla tomentosicollis* Stal (Heteroptera: Coreidae). Agricultura Tropica et Subtropica 38 (2): 33.

Orober, M., J. Siegrist, and H. Buchenauer. 1999. Induction of systemic acquired resistance in cucumber by foliar phosphate application, pp. 339-348. In: H. Lyr, P. E. Russell, H. W. Dehne, and H. D. Sisler (eds). Modern fungicides and antifungal compounds II. Intercept Limited, Andover, UK.

Orober, M., J. Siegrist, and H. Buchenauer. 2002. Mechanisms of phosphate-induced disease resistance in cucumber. Europ. J. Plant Pathol. 108: 345-353.

Oseto, C. Y. 2000. Physical control of insects, pp. 25-100. In: J. E. Rechcigl and N. A. Rechcigl (eds.). Insect pest management. Lewis Publishers, Boca Raton.

OSU, Oklahoma State University. 2014. Mechanical pest controls. Oklahoma Cooperative Extension Service. HLA-6432. 4 p. The Internet.

Ovadia, A., R. Biton, and Y. Cohen. 2000. Induced resistance to downy mildew and fusarium wilt in cucurbits. Acta Hort. No. 510: 55-59.

Owolade, O. F. and D. O. Ogunleti. 2008. Effects of titanium dioxide on the diseases, development and yield of edible cowpea. J. Plant Prot. Res. 48 (3).

Paik, S. P., S. K. Kyumg, J. J. Kim, and Y. S. Oh. 1996. Effect of bioactive substance extracted from *Rheum undulatum* on control of cucumber powdery mildew. Korean J. Plant Pathol. 12 (1): 85-90. c. a. Rev. Plant Pathol. 76 (2): 183; 1997.

Pajot, E., D. le Corre, and D. Silué. 2001. Phytograd and DL-β-amino butyric acid (BABA) induce resistance to downy mildew (*Bremia lactucae*) in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Europ. J. Plant Pathol. 107 (9): 861-869.

Pal, K. K. and B. M. Gardener. 2006. Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor DOI: 10.1094/PHI-A- 2006-1117-02. The Internet. 25 p.

Palmer, C. L., R. K. Horst, and R. W. Langhans. 1997. Use of bicarbonates to inhibit in vitro colony growth of *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 81: 1432-1438.

Palti, J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag, Berlin. 243 p.

Pane, C., G. Celano, D. Villecco, and M. Zaccardelli. 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. Crop Prot. 38: 80-86.

Pavlou, G. C., D. J. Vakalounakis, and E. K. Ligoxigakis. 2002. Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by grafting onto resistant rootstocks. Plant Dis. 86 (4): 379-382.

Peacock, L. and G. A. Norton. 1990. A critical analysis of organic vegetable crop protection in the U. K. Agriculture. Ecosystems & Environment 31 (3): 187-197.

Pentangelo, A., A. Carboni, G. Grssi, I. Giordano, and A. Ragozzino. 1999. Use of agri-fabric tissue to protect processing tomato from CMV and TSWV. Acta Hort. No. 487: 171-178.

Peralta, L. and L. Hilje. 1993. Intention to control *Bemisia tabaci* on tomato with systemic insecticides incorporated in beans as a trap crop, plus oil applications. (In Spanish with English summary). Manejo Integrado de Plagas No. 30: 21-23. (c. a. Hort. Asbtr. 65: 2195; 1995).

Pereira, J. C. R., G. M. Chaves, L. Zambolim, K. Matsuoka, R. S. Acuna, and F. X. R. do Vale. 1996. Control of *Sclerotium cepirorum* by the use of vermicompost, solarization, *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis*. (In Portuguese with English Summary). Summa Phytopathologica 22 (3/4): 228-234. c. a. Rev. Plant Pathol. 77 (2): Abstr. 1267; 1998.

Perring, T., R. Royalty, and C. A. Farrar. 1989. Floating row covers for the exclusion of virus vectors and the effect on disease incidence and yield of cantaloupe. J. Econ. Entomol. 82: 1709-1715.

Perring, T. M., C. A. Farrar, M. J. Blua, H. L. Wang, and D. Gonsalves. 1995. Cross protection of cantaloupe with a mild strain of zucchini yellow mosaic virus: effectiveness and application. Crop Production 14 (7): 601-606.

Pharand, B., O. Carisse, and N. Benhamou. 2002. Cytological aspects of compost-mediated induced resistance against fusarium crown and root rot in tomato. Phytopathology 92 (4): 424-438.

Pieterse, C. M. J. et al. 2001. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance: triggering, signaling and expression. European Journal of Plant Pathology 107: 51-61.

Pill, W. G., C. M. Collins, B. Goldberger, and N. Gregory. 2009. Responses of non-primed or primed seeds of 'Marketmore 76' cucumber (*Cucumis sativus* L.) slurry coated with *Trichoderma* species to planting in growth media infested with *Pythium aphanidermatum*. Sci. Hort. 121 (1): 54-62.

Pinese, B., A. T. Lisle, M. D. Ramsey, K. H. Halfpapp, and S. de Faveri. 1994. Control of aphid-borne papaya ringspot potyvirus in zucchini marrow (*Cucubita pepo*) with reflective mulches and mineral oil-insecticide sprays. International Journal of Plant Manangement 40 (1): 81-87.

Plotto, A., D. D. Roberts, and R. G. Roberts. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Acta Hort. No. 628: 737-745.

Polanco, L. R. et al. 2014. Management of anthracnose in common bean by foliar sprays of potassium silicate, sodium molybdate, and fungicide. Plant Dis. 98 (1): 84-89.

Pombo, M. A., H. G. Rosli, G. A. Martinez, and P. M. Civello. 2011. UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria* x *ananassa*, Duch). Postharvest Biol. Tehnol. 59: 94-102.

Porras, M., C. Barrau, and F. Romero. 2006. Effects of soil solarization and *Trichoderma* on strawberry production. Crop Protection 26 (5): 782-787.

Porras, M., C. Barrau, F. T. Arroyo, B. Santos, C. Blanco, and F. Romero. 2007. Reduction of *Phytophthora cactorum* in strawberry fields by *Trichoderma* spp. and soil solarization. Plant Dis. 91 (2): 142-146.

Porter, L. D., N. Dasgupta, and D. A. Johnson. 2005. Effects of tuber depth and soil moisture on infection of potato tubers in soil by *Phytophtora infestans*. Plant Dis. 89 (2): 146-152.

Postma, J. et al. 2001. Disease suppressive soilles culture systems; characterization of its microflora. Acta Hort. No. 554: 323-331.

Poverenov, E. et al. 2014. Effects of chitosan-gelatin edible coating on postharvest quality and storability of red bell peppers. Postharvest Biol. Technol. 96: 106-109.

Prekins-Veazie, P. and J. K. Collins. 1995. Strawberry fruit quality and its maintenance in postharvest environments. Adv. Strawberry Res. 14: 1-8.

Premachandra, W. T. S. D., H. Mampitiyarachchi, and L. Ebssa. 2014. Nemato-toxic potential of betel (*Piper betle* L.) (Piperaceae) leaf. Crop Prot. 65: 1-5.

Prithiviraj, B., U. Singh, K. P. Singh, and K. Plank-Schumacher. 1998. Field evaluation of ajoene, a constituent of garlic (*Allium sativum*) and neemazal, a product of neem (*Azadirachta indica*) for the control of powdery mildew (*Erysiphe pisi*) of pea (*Pisum sativum*). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 105 (3): 274-278. c. a. Rev. Plant Pathol. 78 (9): 6236, 1999.

Pulitz, T. C. and R. R. Bélanger. 2001. Biological control in greenhouse systems. Ann. Rev. Phytopathol. 39: 103-133.

Pullman, G. S., J. E. De Vay, C. L., Elmore, and W. H. Hart. 1984. Soil solarization: a non-chemical method for controlling diseases and pests. Univ. Calif., Div. Agric. & Nat. Res. Leaflet 21377.8 p.

Pung, H. and S. Cross. 2014. Alternative fungicides for *Sclerotinia* disease control of horticultural crops. Serve-Ag Research Pty Ltd. The Internet.

Punja, Z. K. and R. S. Utkhede. 2003. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. Trends in Biotechnol. 21 (9): 400-407.

Qadir, A. and F. Hashinaga. 2001. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. Postharvest Biology and Technology 22: 279-283.

Quarles, W. 2007. Least-toxic controls of plant diseases. Brooklyn Botanic Garden. 8 p. The Internet.

Raj, H. and I. J. Kapoor. 1997. Possible management of Fusarium wilt of tomato by soil amendments with composts. Indian Phytopathology 50 (3): 387-395.

Ramamoorthy, V. and R. Samiyappan. 2001. Induction of defense-related genes in *Pseudomonas fluorescens* - treated chilli plants in response to infection by *Colletotrichum capsici*. J. Mycol. Plant Pathol. 31 (2): 146-155.

Ramammorthy, V., T. Reguchander, and R. Samiyappan. 2002. Induction of defense-related proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Plant and Soil 239 (1): 55-68.

Ramamoorthy, V., T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2002. Enhancing resistance of tomato and hot pepper to Pythium diseases by seed treatment with fluorescent Pseudomonads. Europ. J. Plant Pathol. 108 (5): 429-441.

Ranganna, B., A. C. Kushalappa, and G. S. V. Raghavan. 1997. Ultraviolet irradiance to control dry rot and soft rot of potato in storage. Canad. J. Plant Pathol. 19 (1): 30-35.

Rankin, L. and T. C. Paulitz. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for greenhouse. (In Spanish with English summary). Horticulture Argentina 14 (37): 44-51. c. a. Rev. Plant Pathol. 76 (10): 8147; 1997.

Rapisarda, C. et al. 2006. UV-absorbing plastic films for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) in protected cultivations in Sicily (South Italy). Acta Hort. No. 719: 597-604.

Rattink, H. 1993. Biological control of fusarium crown and root rot of tomato on a recirculation substrate system. Mededlingen von de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent 58 (3b): 1329-1336. (c. a. Hort. Abstr. 65: 2189, 1995).

Raupach, G. S. and J. W. Kloepper. 1998. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple cucumber pathogens. Phytopathology 88 (11): 1158-1164.

Raupach, G. S. and J. W. Kloepper. 2000. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobateria with and without methyl bromide fumigation. Plant Dis. 84: 1073-1075.

Raupach, G. S., L. Liu, J. F. Murphy, S. Tuzun, and J. W. Kloepper. 1996. induced systemic resistance in cucumber and tomato against cucumber mosaic cucumovirus using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Plant Disease 80: 891-894.

Raviv, M. and R. Reuveni. 1998. Fungal photomorphogensis: a basis for the control of foliar diseases using photoselective covering materials for greenhouse. HortScience 33 (6): 925-929.

Reddy, M. V. B., P. Angers, F. Gastaigne, and J. Arul. 2000. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (6): 742-747.

Reitz, S. R., G. Maiorino, S. Olson, R. Sprenkel, A. Crescenzi, and M. T. Momol. 2008. Integrating plant essential oils and kaolin for the sustainable management of thrips and tomato spotted wilt on tomato. Plant Dis. 92 (6): 878-886.

Reuveni, R. and M. Raviv. 1997. Control of downy mildew in greenhouse-grown cucmbers using blue photoselective polyethylene sheets. Plant Disease 81 (9): 999-1004.

Reuveni, M., V. Agapov, and R. Reuveni. 1993. Induction of systemic resistance to powdery mildew and growth increase in cucumber by phosphates. Biological Agriculture & Horticulture 9 (4): 305-315.

Revueni, M., V. Agapov, and R. Reuveni. 1995. Suppression of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by foliar sprays of phosphate and potassium salts. Plant Pathology 44 (1): 31-39.

Reuveni, M., V. Agapov, and R. Reuveni. 1996. Controlling powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber by foliar sprays of phosphate and potassium salts. Crop Protection 15 (1): 49-53.

Rezende, J. A. M. and D. A. Pacheco. 1998. Control of papaya ringspot virus-type W in zucchini squash by cross-protection in Brazil. Plant Dis. 82: 171-175.

Ribas-Agusti, A. 2013. Effects of different organic anti-fungal treatments on tomato plant productivity and selected nutritional components of tomato fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88 (1): 67-72.

Ricárdez-Salinas, M., M. V. Huitrón-Ramirez, J. C. Tello-Marquina, and F. Camacho-Ferre. 2010. Planting density for grafted melon as an alternative to methyl bromide use in Mexico. Sci. Hort. 126 (2): 236-241.

Ristaino, J. B. and W. Thomas. 1997. Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole - can we fill the gaps?. Plant Dis. 81 (9): 964-977.

Ristaino, J. B., K. B. Perry, and R. D. Lumsden. 1991. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. Phytopathology 81: 1117-1124.

Rivard, C. L. and F. J. Louws. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. HortScience 43: 2104-2111.

Rivard, C. L., S. O'Connell, M. M. Peet, and F. J. Louws. 2010. Grafting tomato with interspecific rootstock to manage diseases caused by *Sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. Plant Dis. 94 (8): 1015-1021.

Rivard, C. L., S. O'Connell, M. M. Peet, R. M. Welker, and F. J. Louws. 2012. Grafting tomato to manage bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in the southeastern United States. Plant Dis. 96 (7): 973-978.

Roberts, P. D. et al. 2008. Evaluation of spray programs containing famoxadone plus cymoxanil, acibenzolar-S-methyl, and *Bacillus subtilis* compared to copper sprays for management of bacterial spot on tomato. Crop Prot. 27 (12): 1519-1526.

Robinson, J. 2007. Insect management. In: vegetable handbook. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/veghandbook/chapter6/ch...>.

Rocha, A. B. O., S. L. Honorio, C. L. Messias, M. Oton, and P. A. Gomez. 2015. Effect of UV-C radiation and fluorescent light to control postharvest soft rot in potato seed tubers. Sci. Hort. 181: 174-181.

Rod, J. 1994. The use of soil solarization to control clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). Ochrana Rostlin 30 (3): 183-188. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 73: 7953).

Rodrigues, F. A. et al. 2010. Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot on beans. J. Plant Nutr. 33 (14): 2082-2093.

Rodriguez, Pérez, A., S. Diaz. Hernándes, and L. Gallo Llobet. 2005. Eradication of *Phytophthora nicotianae* and *Rhizoctonia solani* by double layer solarization in tomato seedbeds. Acta Hort. No. 698: 207-211.

Romero, A. M. and D. F. Ritchie. 2004. Systmic acquired resistance delayes race shifts to major resistance genes in bell pepper. Phytophathology 94: 1376-1382.

Romero, A. M., C. S. Kousik, and D. F. Ritchie. 2001. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. Plant Dis. 85 (2): 189-194.

Hong, J. C. et al. 2011. Management of bacterial wilt in tomatoes with thymol and acibenzolar-S-methyl. Crop Prot. 30: 1340-1345.

Rosa, E. A. S. and P. M. F. Rodrigues, 1999. Towards a more sustainable agriculture system: the effect of glucosinolates on the control of soil-borne diseases. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74 (6): 667-674.

Rui, C. H. and B. Z. Zheng. 1990. Yellow sticky traps combined with a mixture of insecticides for the integrated control of glasshouse whitefly. (In Chinese with English summary). Acta Agriculture Universitatis Pekinensis 16 (4): 429-435 (c. a. Hort. Abstr. 64: 3678; 1994).

Sadif-Zouaoui, N., et al. 2008. Ability of moderately halophilic bacteria to control grey mould disease on tomato fruits. J. Phytopathol. 156 (1): 42-52.

Sahebani, N. and N. Hadavi. 2009. Induction of H_2O_2 and related enzymes in tomato roots infected with root knot nematode (*M. javanica*) by several chemical and microbial elecitors. Biocontrol Science and Technology 19 (3): 301-313.

Saindon, G., H. C. Huang, and G. C. Kozub. 1995. White mold avoidance and agronomic attributes of upright common beans grown at multiple plating densities in narrow rows. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (5): 843-847.

Sakata, Y., M. Sugiyama, T. Ohara, and M. Morishita. 2006. Influence of rootstocks on the resistance of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) scions to powdery mildew (*Podosphaera xanthii* U. Braun & N. Shishkoff). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75 (2): 135-140.

Sakata, Y., O. Takayoshi, and S. Mitsuhiro. 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. Acta Hort. No. 731: 159-170.

Saligkarias, I. D., F. T. Gravanis, and H. A. S. Epton. 2002. Biologucal control of *Botrytis cinerea* on tomato plants by the use of epiphytic yeasts *Candida guilliermondii* strains 101 and US 7 and *Candida oleophila* strain 1-182:1 in vivo studies. Biological Control 25 (2): 143-150.

Sameza, M. L. et al. 2014. Potential use of *Eucalyptus globules* essential oil against *Phytophthora colocasiae* the causal agent of taro leaf blight. Europ. J. Plant Pathol. 140 (2): 243-250.

Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. Plant, Cell and Environment 14: 485-492.

Samuels, A. L., A. D. M. Glass, D. L. Ehret, and J. G. Menzies. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. Ann. Bot. 72 (5): 433-440.

Sánchez-Rojo, S. et al. 2011. Salicylic acid protects potato plants from phytoplasma-associated stress and improves tuber photosynthate assimilation. Amer. J. Potato Res. 88 (2): 175-183.

Sang, M. K., J. G. Kim, and K. D. Kim. 2010. Biocontrol activity and induction of systemic resistance in pepper by compost water extracts against *Phytophthora capsici*. Phytopathology 100 (8): 774-783.

Sang, M. K. et al. 2014. Priming-mediated systemic resistance in cucumber induced by *Pseudomonas azotoformans* GC-B19 and *Paenibacillus elgii* MM-B22 against *Colletotrichum orbiculare*. Phtopathology 104 (8): 834-842.

Sang, M. K., J. D. Kim, B. S. Kim, and K. D. Kim. 2011. Root treatment with rhizobacteria antagonistic to phytophthora blight affects anthracnose occurrence, ripening, and yield of pepper fruit in the plastic house and field. Phytopathology 101 (6): 666-678.

Sariah, M. and K. Tanaka. 1995. Effect of flooding on the viability and pathogenicity of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in Malaysian soil. International Journal of Pest Management 41 (2): 97-99.

Saucke, H. et al. 2009. Effect of sowing date and straw mulch on virus incidence and aphid infestation in organically grown faba beans (*Vicia faba*). Ann Appl. Biol. 154 (2): 239-250.

Saxena, G. 2004. Biocontrol of nematode-borne diseases in vegetable crops, pp. 397-450. In: K. G. Mukerji (ed.). Disease management of fruits and vegetables. Vol. 1. Fruit and vegetable diseases. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Sayama, H., T. Sato, M. Kominato, T. Natsuaki, and J. M. Kaper. 1993. Field testing of a satellite-containing attenuated strain of cucumber mosaic virus for tomato protection in Japan. Phytopathology 83: 405-410.

Scherf, A., J. Treutwein, H. Kleeberg, and A. Schmitt. 2012. Efficacy of leaf extract fractions of *Glycyrrhiza glabra* L. against downy mildew of cucumber (*Pseudoperonospora cubensis*). Europ. J. Plant Pathol. 134 (4): 755-762.

Schisler, D. A., P. J. Slininger, G. Kleinkopf, R. J. Bothast, and R. C. Ostrowski. 2000. Biological control of Fusarium dry rot of potao tubers under commercial storage conditions. Amer. J. Potato Res. 77 (1): 29-40.

Schisler, D. A., P. J. Slininger, R. W. Behle, and M. A. Jackson. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant disease. Phytopathology 94: 1267-1271.

Schuerell, S. J. and W. F. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. Phytophathology 94: 1156-1163.

Schuerger, A. C. and C. S. Brown. 1997. Spectral quality affects disease development of three pathogens on hydroponically grown plants. HortScience 32 (1): 96-100.

Schwartzkopf, S. H., D. Dudzinski, and R. S. Minners. 1987. The effects of nutrient solution sterilization on the growth and yield of hydroponically grown lettuce. HortScience 22: 873-874.

Sclar, D. C., D. Greace, A. Tupy, K. Wilson, S. A. Spriggs, R. J. Bishop, and W. A. Cranshaw. 1999. Effects of application of various reduced-risk pesticides to tomato with notes on control of greenhouse whitefly. HortTechnology 9 (2): 185-189.

Semisi, S. T., T. Mauga, and E. Chan. 1998. Control of the leaf blight disease, *Phytophthora colocasiae* Racib in taro *Colocasiae esculenta* (L.) Schott with phosphorous acid. J. South Pacific Agric. 5 (1): 77-83.

Sewify, G. H., S. Abol-Ela, and M. S. Eldin. 2000. Effect of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) and granulosis virus (GV) combinations on the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Celechidae). Bul. Fac. Agric., Cairo Univ. 51: 95-106.

Shalaby, F. F., A. A. Abdel-Gawad, A. M. El-Sayed, and M. R. Abo-El-Ghar. 1990. Natural role of *Eretmocerus mundus* Mercet and *Prospaltella lutea* Masi on populations of *Bemisia tabaci* Genn. Agric. Res. Rev. 68 (1): 197-208.

Sharaf, N. S. and T. F. Allawi. 1981. Control of *Bemisia tabaci* Genn., a vector of tomato yellow leaf curl virus disease in Jordon. Zeitschrift fur Pflanznkrankheken und Pflanzenschutz 88: 123-131. (c. a. Hort. Abstr. 51: 7025, 1981).

Sharma, P. 2011. Evaluation of disease control and plant growth promotion potential of biocontrol agents on *Pisum sativum* and comparison of their activity with popular chemical control agent - carbendazim. Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences 3 (5): 127-138.

Sharma, P. 2002. Induction of systemic resistance in cauliflower to downy mildew by exogenous application of plant activator. Ann. Plant Prot. Sci. 10 (1): 99-102.

Sharma, M. P., A. Gaur, Tanu, and O. P. Sharma. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhiza in sustainable management of root - and soil-borne diseases of vegetable crops, pp. 501-539. In: K G. Mukerji (ed.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Sharma, M. P., A. N. Sharma, and S. S. Hussaini. 2011. Entomopathogenic nematodes, a potential microbial biopesticide: mass production and commercialization status – a mini review. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 44 (9): 855-870.

Shim, H. S. et al. 1998. Studies on the inhibition of plant disease using ultraviolet-absorbing vinyl film. (In Korean with English summary). RDA J. Crop Prot. 40 (2): 46-49.

Shimada, T. 1994. Control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), using vinyl films that absorb ultraviolet. (In Japanese with English summary). Proc. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. No. 41: 213-216. c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 1456; 1996.

Sholberg. P. L. and A. P. Gaunce. 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. HortScience 30 (6): 1271-1275.

Shoresh, M., I. Yedidia, and I. Chet. 2005. Involvement of jasmonic acid/ethylene signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. Phytopathology 95: 76-84.

Siddiqui, I. A. and S. Ehteshamul-Haque. 2000. Use of *Pseudomonas aeruginosa* for the control of root rot-root knot disease complex in tomato. Nematol. Medit. 28: 189-192.

Siddiqui, Y., S. Meon, R. Ismail, M. Rhamani, and A. Ali. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). Scientia Horticulture 117 (1): 9-14.

Siddiqui, Z. A., A. Qureshi, and M. S. Akhtar. 2009. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Pseudononas* and *Bacillus* isolates on *Pisum sativum*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42 (12): 1154-1164.

Silué, D., E. Pajot, and Y. Cohen. 2002. Induction of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower by DL-β-amino-n-butanoic acid (BABA). Plant Pathol. 51 (1): 97-102.

Silva-Aguayo, G. and R. E. Cancelado. 2006. Botanical insecticides. In: Radcliffe's IPM world textbook, University of Minnesota. The Internet.

Silva, H. S. A. et al. 2004. Induction of systemic resistance by *Bacillus cereus* against tomato foliar diseases under field conditions. J. Phytopathol. 152 (6): 371-375.

Singh, H. B. and A. K. Handique. 1997. Antifungal Activity of the essential oil of *Hyptis suaveolens* and its efficacy in biocontrol measures in combination with *Trchoderma harzianum*. Journal of Essential oil Research 9 (6): 683-687.

Singh, P. and Z. A. Siddiqui. 2010. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by the isolates of *Bacillus* on tomato. Archives of Phytopathology and Plant Prtection 43 (6): 552-561.

Singh, P. and Z. A. Siddiqui. 2010. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by the isolates of *Pseudomonas* on tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (14): 1423-1434.

Singh, D. P. et al. 2010. Exogenous application of L-phenylalanine and ferulic acid enhance phenylalanine ammonia lyase activity and accumulation of phenolic acids in pea (*Pisum sativum*) to offer protection against *Erysiphe pisi*. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (15): 1454-1462.

Sivakumar, D. and S. Bautista-Baños. 2014. A. review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Prot. 64: 27-37.

Slusarenko, A. J., A. Patel, and D. Portz. 2008. Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study, pp. 313-322. In: Sustainble disease management in a European context. The Internet.

Slusarski, C. and S. J. Pietr. 2009. Combined application of dazomet and *Trichoderma asperellum* as an efficient alternative to methyl bromide in controlling the soil- borne disease complex of bell pepper. Crop Prot. 28 (8): 668-674.

Smid, E. J., L. Hendriks, H. A. M. Boerrigter, and L. G. M. Gorris. 1996. surface disinfection of tomatoes using the natural plant compound trans-cinnamaldehyde. Postharvest Biology and Technology 9 (3): 343-350.

Smith, K. M. 1977. Plant viruses. (6th ed.) Chapman and Hall. London, 241 p.

Smolinska, U., M. J. Morra, G. R. Knudsen, and R. L. James. 2003. Isothiocyanates produced by Brassicaceae species as inhibitors of *Fusarium oxysporum*. Plant Dis. 87(4): 407-412.

Smolinska, U., B. Kowalska, and M. Oskiera. 2007. The effectivity of *Trichoderma strains* in the protection of cucumber and lettuce against *Rhizoctonia solani*. Veg. Crop Res. Bul (Warsaw) 67: 81-93.

Someya, N. et al. 2007. Combined application of *Pseudomonas fluorescens* strain LRB_3W1 with a low dosage of benomyl for control of cabbage yellows caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Biocontrol Sci. Technol. 17 (1): 21-31.

Soylu, S., M. Soylu, S. Kurt, and D. K. Ekici. 2005. Antagonistic potentials of rhizosphere-associated bacterial isolates against soil-borne diseases of tomato and pepper caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani*. Pakistan J. Biol. Sci. 8 (1): 43-48.

Soylu, E. M., S. Soylu, and S. Kurt. 2006. Antinicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blitght disease agent *Phtophthora infestans*. Mycopathologia 161 (2): 119-128.

Soylu, E. M., S. Kurt, and S. Soylu. 2010. *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. International J. Food Microbiol. 143 (3): 183-189.

Spadaro, D. and M. L. Gullino. 2004. State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases. International J. Food Microbiol. 91 (2): 185-194.

Spence, N. J., A. Mead, A. Miller, E. D. Shaw, and D. G. A. Walkey. 1996. The effect on yield in courgette and marrow of the mild strain of zucchini yellow mosaic virus used for cross-protection. Annals of Applied Biology 129 (2): 247-259.

Spletzer, M. E. and A. J. Enyedi. 1999. Salicylic acid induces resistance to *Alternaria solani* in hydroponically grown tomato. Phytopathology 89 (9): 722-727.

Stanghellini, M. E. and R. M. Miller. 1997. Biosurfactants: their identity and potential efficacy in the biological control of zoospore plant pathogens. Plant Dis. 81 (1): 4-12.

Sterk, G., K. Bolckmans, and J. Eyal. 1996. A new microbial insecticide, *Paecilomyces fumosoroseus* strain Apoka 97, for the control of the greenhouse whitefly, pp. 461-466. In: Brighton Cop Protection Conference: Pests & Diseases. Vol. 2. British Crop Protection Council, Farnham, UK.

Stevens, C., V. Khan, M. A. Wilson, J. Brown, and A. Y. Tang. 1988a. Control of southern blight in bell peppers by soil solarization. (Abstr.). HortScience 23: 830-831.

Stevens, C., V. Khan, A. Y. Tang, and C. Bonsi. 1988b. The effect of soil solarization on growth response and root knot damage of sweet potato. (Abstr.) HortScience 23: 827.

Stevens, C., V. Khan, A. Y. Tang, and M. A. Wilson. 1988c. The effect of soil solarization on earliness and yield of cabbage and broccoli. (Abstr.). HortScience 23: 829.

Stevens, C. et al. 1999. Induced resistance of sweet potato to fusarium root rot by UV-C rays. Crop Protection 18 (7): 463-470.

Sticher, L., B. Mauch-Mani, and J. P. Métraux. 1997. Systemic acquired resistance. Ann. Rev. Phytopathol. 35: 235-270.

Stone, A. G., G. E. Vallad, L. R. Cooperband, D. Rotenberg, H. M. Darby, R. V. James, W. R. Stevenson, and R. M. Goodman. 2003. Effect of organic amendments on soilborne and foliar diseases in field-grown snap bean and cucumber. Plant Dis. 87 (9): 1037-1042.

Strobel, N. E., C. Ji, S. Gopalan, J. A. Kuc, and S. Y. He. 1996. Introduction of systemic acquired resistance in cucumber by *Pseudomonas syrinagae* pv. *syringae* 61 $HrpZ_{pss}$ protein. Plant Journal 9 (4): 431-439.

Suarez-Estrella, F., C. Vargas-Garcia, M. J. Lopez, C. Capel, and J. Moreno. 2007. Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Crop Protection 26 (1): 46-53.

Subbarao, K. V. and J. C. Hubbard. 1996. Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt in cauliflower. Phytopathlology 86 (12): 1303-1310.

Sudha, A. and P. Lakshmanan. 2009. Integrated disease management of powdery mildew (*Lcveillula taurica* (Lev.) Arn.) of chilli (*Capsicum annuum* L.). Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (4): 299-317.

Suleiman, M. N. and S. A. Emua. 2009. Efficacy of four plant extracts in the control of root rot disease of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) African J. Biochem. 8 (16): 3806-3808.

Sultana, V., J. Ara, and S. Ehteshamul-Haque. 2008. Suppression of root rotting fungi and root knot nematode of chili by seaweed and *Pseudononas aeruginosa*. J. Phytopathol. 156 (7-8): 390-395.

Summers, C. G., J. J. Stapleton, A. S. Newton, R. A. Duncan, and D. Hart. 1995. Comparison of sprayable and film mulches in delaying the onset of aphid-transmitted virus diseases in zucchini squash. Plant Dis. 79 (11): 1126-1131.

Suthaparan, A. et al. 2014. Suppression of cucumber powdery mildew by supplemental UV-B radiation in greenhouses can be augmented or reduced by background radiation quality. Plant Dis. 98 (10): 1349-1357.

Sutton, J. C. et al. 1997. A versatile adversary of *Botrytis cinerea* in crops. Plant Disease 81 (41): 319-328.

Takeshita, M. et al. 2013. Induction of antiviral responses by acibenzolar-S-methyl against cucurbit chlorotic yellows virus in melon. Phytopathology 103 (9): 960-965.

Talavera, M., K. Itou, and T. Mizukubo. 2002. Combined application of *Glomus* sp. and *Pasteuria penetrans* for reducing *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations and improving tomato growth. Appl. Entomol. Zool. 37 (1): 61-67.

Tamietti, G. and D. Valentino. 2001. Soil solarization: a useful tool for control of verticillium wilt and weeds in eggplant crops under plastic in the Po Valley. J. Plant Pathol. 83(3): 173-180.

Tanaka, S. et al. 2000. Effect of nitrogen concentrations of nutrient solution on the occurrence and development of downy mildew in susceptible and resistant cucumber cultivars. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 69 (3): 339-345. c. a. Rev. Plant Pathol. 79 (12): 8928; 2000.

Tanaka, S., T. Ito, Y. Ochi, Y. Someya, and T. Hirabayashi. 2002. Effect of osmotic pressure and calcium concentration of nutrient solution on lesion development in downy mildew-susceptile and resistant cucumber cultivars. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 71 (3): 405-410. c. a. Rev. Plant Pathol. 81 (11): Abstr. 11324; 2002.

Tanis, C. 1991. Research on cucumbers, silicon does indeed increase yield. Groenten + Fruit, Glasgroenten 1 (42): 40-41. (c. a. Hort. Abstr. 63: 7536; 1993).

Terry, L. A. and D. C. Joyce. 2004. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. Postharvest Biology and Technology 32: 1-13.

Thao, H. T. B. and T. Yamakawa. 2009. Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator? . Soil Sci. Plant Nutr. 55 (2): 228-234.

Thao, H. T. B., T. Yamakawa, A. K. Myint, and P. S. Sarr. 2008. Effects of phosphite, a reduced form of phosphate, on the growth and phosphorous nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Soil Sci. Plant Nutr. 54 (5): 761-768.

Thies, J. A., J. D. Mueller, and R. L. Fery. 1998. Use of a resistant pepper as a rotational crop to manage southern root-knot nematode. HortScience 33 (4): 716-718.

Titone, P., Q. Migheli, M. Acutis, and A. Garibaldi. 1998. Potassium monophosphate in the control of powdery mildew on zucchini. (In Italian with English summary). Colture Protette 27 (4): 73-79. c. a. Rev. Plant Pathol. 77 (10): 8427; 1998.

Tomlinson, J. A. and B. J. Thomas. 1986. Studies on melon necrotic spot virus disease of cucumber and the control of the fungus vector (*Olpidium radicale*). Annals of Applied Biology 108 (1): 71-80.

Torres-Barragán, A., E. Zavaleta-Mejia, C. González-Cháves, and R. Ferrera-Cerrato. 1996. The use of arbuscular mycorrhizae to control onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk.) under field conditions Mycorrhiza 6 (4): 253-257.

Tozlu, E. et al. 2011. Chemical compositions and insecticidal effects of essential oils insolated from *Achillea gypsicola, Satureja hortensis, Origanun acutidens* and *Hypericum scabrum* against broadbean weevil (*Bruchus dentipes*). Sci. Hort. 130: 9-17.

Treder, W. and G. Cieslinski. 2005. Effect of silicon application on cadmium uptake and distribution in strawberry plants grown on contaminated soil. J. Plant Nutr. 28 (6): 917-929.

Trionfetti Nisini, P., A. Buzi, E. Granati, G. Chilosi, P. Crino, and P. Magro. 2000. Screening for resistance to *Didymella bryoniae* in rootstocls of melon. Bulletin OEPP 30 (2): 231-234.

Tripathi, P. and N. K. Dubey. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32: 235-245.

Tsror, L. 1999. Biological control of early blight in tomatoes. Acta Hort. No. 487: 271-273.

Tsuda, K., Y. Kosaka, S. Tsuge, Y. Kubo, and O. Horino. 2001. Evaluation of the endophyte *Entrobacter cloacae* SM10 isolated from spinach roots for biological control against fusarium wilt of spinach. J. Gen. Plant Pathol. 67 (1): 78-84.

Tu, J. C. and B. Harwood. 2005. Disinfestation of circulating nutrient solution by filtration as a means to control *Pythium* root rot of tomatoes. Acta Hort. No. 695: 303-308.

Tzeng, D. D. S., H. C. Tzeng, R. S. Chen, A. H. Cheng, C. C. Tsai, C. W. Chen, T. C. Hwang, Y. Yeh, and J. E. DeVay. 1996. The use of MR formulation as a novel and environmentally safe photodynamic fungicide for the control of powdery mildews. Crop Prot. 15 (4): 341-347.

Tziros, G. T., A. L. Lagopodi, and K. Tzavella-Klonari. 2007. Reduction of fusarium wilt in watermelon by *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 and *P. fluorescens* WCS365. Phytopathol. Mediterr. 46: 320-323.

Tzortzakis, N. G. 2007. Methyl jasmonate-induced suppression of anthracnose rot in tomato fruit. Crop Protection 26 (10): 1507-1513.

Tzortzakis, N., I. Singleton, and J. Barnes. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 47 (1): 1-9.

Ugolini, L., C. Martini, L. Lazzeri, L. D'Avino, and M. Mari. 2014. Control of postharvest grey mould (*Botrytis cinerea* Per: Fr.) on strawberries by glucosinolate-derived allyl-isothiocyanate treatments. Postharvest Biol. Technol. 90: 34-39.

Umamaheswari, C., A. Sankaralingam, and P. Nallathambi. 2009. Induced systemic resistance in watermelon by biocontrol agents againset *Alternaria alternata*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42 (12): 1187-1195.

Umesh, K. C., J. Valencia, C. Hurley, W. D. Gubler, and B. W. Falk. 1995. Stylet oil provides limited control of aphid-transmitted viruses in melons. California Agriculture 49 (3): 22-24.

Uppal, A. K., A. El Hadrami, L. R. Adam, M. Tenuta, and F. Daayf. 2008. Biological control of potato Verticillium wilt under controlled and field conditions using selected bacterial antagonists and plant extracts. Biol. Cont. 44 (1): 90-100.

Urquhart, E. J. and Z. K. Punja. 1997. Epiphytic growth and survival of *Tilletiopsis pallescens*, a potential biological control agent of *Sphaerotheca fuliginea*, on cucumber leaves. Canad. J. Bot. 75 (6): 892-901.

USEPA, Inited States Environmental protection agency. 1997. Innovative uses of compost: disease control for plants and animals. EPA530-F-97-044. 4 p. The Internet.

Utkhede, R., C. Bogdanoff, and J. McNevin. 2001. Effects of biological and chemical treatments on *Botrytis* stem canker and fruit yield of tomato under greenhouse conditions. Canadian J. Plant Pathol. 23 (3): 253-259.

Utkhede, R. S., C. A. Lévesque, and D. Dinch. 2002. *Pythium aphanidermatum* root rot in hydroponically grown lettuce and the effect of chemical and biological agents on its control. Canad. J. Plant Pathol. 22 (2): 138-144.

Vakalounakis, D. J. 1992. Control of fungal diseases of greenhouse tomato under long-wave infrared-absorbing plastic film. Plant Dis. 76: 43-46.

Valsov, Yu. I., T. A. Yakutkina, and S. V. Balaeva. 1974. Studies on protective inoculation of tomatoes against virus diseases in the Leningrad region (In Russian). Trudy Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovatel-Skogo Instituta Zashchity Rastenii 41: 46-49.

Vanachter, A. 1995. Development of *Olpidium* and *Pythium* in the nutrient solutions of NFT grown lettuce, and possible control methods. Acta Hort. No. 382: 187-196.

Van Bockhaven, J., D. De Vleesschauwer, and M. Hofte. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. J. Exp. Bot. 64 (5): 1281-1293.

Van Bruggen, A. H. C. and A. J. Termorshuizen. 2003. Integrated approaches to root disease management in organic farming systems. Australasian Plant Pathol. 32 (2): 141-156.

Vanderveken, J. and S. Coutisse. 1975. Control of tobacco mosaic virus in tomato by cross protection. (In French). Mededelingen van de faculteit landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 40: 791-797.

Van de Veire, M. and D. Degheele. 1996. Toxicity of the fungal pathogen *Paecilomyces fumosoroseus* strain Apopka 97 to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*, and first results of a control experiment in glasshouse tomatoes. OILB/SROP 19 (1): 191-194.

Van Lenteren, J. C. 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy?. Crop Prot. 19 (6): 375-384.

Van Loon, L. C., P. A. H. M. Bakker, and C. M. J. Pieterse. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Ann. Rev. Phytopathol. 36: 453-483.

Vann, S. 2012. Alternative plant disease management practices for the home garden. University of Arkansas, Cooperative Extension Service. FSA7562. 6 p. The Internet.

Vavrina, C. S., P. A. Stansley, and T. X. Liu. 1995. Household detergent on tomato: phytotoxicity and toxicity to silverleaf whitefly. HortScience 30 (7): 1406-1409.

Velandia, J., R. P. Golindo, and C. A. de Moreno. 1998. Poultry manure evaluation in the control of *Plasmodiophora brassicae* in cabbage. Agronomia Colombiana 15 (1): 1-6.

Veloso, J. and J. Diaz. 2012. *Fusarium oxysporum* Fo47 confers protection to pepper plants against *Verticillium dahliae* and *Phytophthora capsici*, and induces the expression of defense genes. Plant Pathol. 61: 281-288.

Verhaar, M. A., T. Hijwegen, and J. C. Zodoks. 1996. Glasshouse experiments on biocontrol of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by the mycoparasites *Verticillium lecanii* and *Sporothrix rugulosa*. Biolocial Control 6 (3): 353-360.

Verhaar, M. A., K. K. Ostergaard, T. Hijwegen, and J. C. Zadoks. 1997. Preventive and curative applications of *Verticillium lecanii* for biological control of powdery mildew. Biocontrol Science and Technology 7 (4): 543-551.

Verhaar, M. A., T. Hijwegen, and J. C. Zadoks. 1998. Selection of *Verticillium lecanii* isolates with high potential for biocontrol of cucumber powdery mildew by means of components ananlysis at different humidity regimes. Biocontrol Scinence and Technology 8 (4): 465-477.

Verma, H. N., S. Srivastava, Varsha, and D. Kumar. 1996. Induction of system resistance in plants against viruses by a basic protein from *Clerodendrum aculeatum* leaves. Phytopathology 86 (5): 485-492.

Vieira, R. F., T. J. P. Junior, H. Teixeira, and J. E. de S. Carneiro. 2010. White mold management in common bean by increasing within-row distance between plants. Plant Disease 94 (3): 361-367.

Vieira dos Santos, M. C. and R. H. C. Curtis. 2013. Effect of plant elicitors on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi* on susceptible hosts. Europ. J. Plant Pathol. 136 (1): 193-202.

Vincent, C., B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard (eds.). 2001. Physical control methods in plant protection. Springer-Verlag, Berlin. 329 p.

Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. Ann. Rev. Entomol. 48: 261-281.

Waller, J. M., J. M. Lenné, and S. J. Waller (eds.). 2002. Plant Pathologist's pocketbook. (3rd ed.). CABI Publicshing, Wallingford, UK.

Walters, S. A. 2003. Suppression of watermelon mosaic virus in summer squash with plastic mulches and row covers. HortTechnology 13 (2): 352-357.

Wang, C. and Y. Fan. 2014. Eugenol enhances the resistance of tomato against tomato yellow leaf curl virus. J. Sci. Food Agr. 94 (4): 677-682.

Wang, S. Y. and D. D. S. Tzeng. 1998. Methionine-Riboflavin mixtures with surfactants and metal ions reduce powdery mildew infection in strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (6): 987-991.

Wang, Q. and J. P. T. Valkonen. 2009. Cryotherapy of shoot tips: novel pathogen eradication method. Trends in plant Sci. 14 (3): 119-122.

Wang, Z. W., X. Z. Li, Y. L. Liu, and J. J. Wang. 1999. Biological control of strawberry with antagonistic microbes. (In Chinese). Chinese Journal of Biological Control 15 (4): 187. c. a. Hort. Abstr. 70 (6): 4620; 2000.

Wang, F., G. Feng, and K. Chen. 2009. Defense responses of harvested tomato fruit to burdock fructooligosacchride, a novel elicitor. Postharvest Biol. Technol. 52 (1): 110-116.

Wang, Y. et al. 2010. Postharvest biological control of melon pathogens using *Bacillus subtilis* EXWB1. J. Plant Pathol. 92 (3): 645-652.

Webb, S. E. and S. B. Linda. 1992. Evaluation of spunbonded polyethylene row cover as a method of excluding insects and viruses affecting fall-grown squash in Florida. Journal of Economic Entomology 85: 2344-2352.

Webb, S. E. and S. B. Linda. 1993. Effect of oil and insecticide on epidemics of potyviruses in watermelon in Florida. Plant Disease 77 (9): 869-874.

Weintraub, P. G. and A. R. Horowitz. 1999. Management of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) on melon by vacuum removal. Insect Science and its Application 19 (2/3): 173-178.

Weintraub, P. G., Y. Arazi, and A. R. Horowitz. 1996. Management of insect pests in celery and potato crops by pneumatic removal. Crop Protection 15 (8): 763-769.

Weinzierl, R., T. Henn, P. G. Koehler, and C. L. Tucker. 2006. Microbial insecticides. IFAS Extension, University of Florida. The Internet.

Wen, A., B. Balogh, M. T. Momol, S. M. Olson, and J. B. Jones. 2009. Management of bacterial spot of tomato with phosphorus acid salts. Crop Prot. 28 (10): 859-863.

Weng, Z. X., B. D. Li, and D. X. Feng. 1993. Study on enhancement of cucumber resistance and yield by grafting on *Cucurbita ficifolia* (In Chinese). Chinese Vegetables No. 3: 11-15. (c. a. Rev. Plant Pathol. 74: 1575; 1995).

West, J. S. et al. 2000. Spectral filters for the control of *Botrytis cinerea*. Annals of Applied Biology 136 (2): 115-120.

Whipps, J. M. 1997. Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens. Adv. Bot. Res. 26: 1-134.

Whipps, J. M. and S. P. Budge. 2000. Effect of humidity on development of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the glasshouse. Europ. J. Plant Pathol. 106: 395-397.

White, R. E. 1987. Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 244 p.

Wicks, T. G., B. Hall, and P. Pezzaniti. 1994. Fungicidal control of metalaxyl-insensitive strains of *Bremia lactucae* on lettuce. Crop Protection 13 (8): 617-623.

Wilson, C. L. et al. 1991. Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. Crop Prot. 10: 172.

Wilson, M. J., D. M. Glen, S. K. George, and L. A. Hughes. 1995. Biocontrol of slug in protected lettuce using the rhabditid nematode *Plasmarhabditis hermaphrodita*. Biocontrol Science and Technology 5 (2): 233-242

Wilson, C. L., J. M. Solar, A. El-Ghaouth, and M. E. Wisniewski. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 81 (2): 204-210.

Wise, C., J. Falardeau, I. Hagberg, and T. J. Avis. 2014. Cellular lipid composition affects sensitivity of plant pothogens to Fengycin, an antifungal compound produced by *Bacillus subtilis* strain CU12. Phytopathology 104 (10): 1036-1041.

Wraight, S. P., R. I. Carruthers, S. T. Jaronski, C. A. Bradley, C. J. Garza, and S. Galaini-Wraight. 2000. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia agrentifolii*. Biological Control 17 (3): 203-217.

Wróbel, S. 2012. Comparison of mineral oil and rapeseed oil used for the protection of seed potatoes against PVY and PVM infections. Potato Res. 55: 83-96.

Wurms, K., C. Labbé, N. Benhamou, and R. R. Bélanger. 1999. Effects of Milsana and benzothiadiazole on the ultrastructure of powdery mildew haustoria on cucumber. Phytopathology 89: 728-736.

Xie, B. Y., H. X. Li, and L. X. Feng. 2002. Induction of resistance to *Phytophthora capsici* in pepper plants by DL-β-amino-butyric acid. (In Chinese with English summary). Acta. Hort. Sinica 29 (2): 137-140. c. a. Rev. Plant Pathol. 81 (11): Abstr. 11365; 2002.

Xu, S. et al. 2014. In vitro and in vivo control of *Alternaria alternata* in cherry tomato by essential oil from *Laurus nobilis* of Chinese origin J. Sci. Food Agr. 94 (7): 1403-1408.

Yamazaki, H. 2001. Relation between resistance to bacterial wilt and calcium nutrition in tomato seedlings. JARQ, Jap. Agric. Res. Quart. 35 (3): 163-169.

Yamazaki, H. and T. Hoshina. 1995. Calcium nutrition affects resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. HortScienece 30 (1): 91-93.

Yan, Z., M. S. Reddy, C. M. Ryu, J. A. Mclnroy, M. Wilson, and J. W. Kloepper. 2002. Induced systemic protection against tomato late blight elicited by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 92: 1329-1333.

Yan, Z., M. S. Reddy, and J. W. Kloepper. 2003. Survival and colonization of rhizobacteria in a tomato transplant system. Canadian J. Microbiology 49 (6): 383-389.

Yan, F., S. Xu, Y. Chen, and X. Zheng. 2014. Effect of rhamnolipids on *Rhodotorula glutinis* biocontrol of *Alternaria alternata* infection in cherry tomato fruit. Postharvest Bio. Technol. 97: 32-35.

Yanar, Y., D. Yanar, and N. Gebologlu. 2011. Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate (K_2SiO_3). African J. Biotechnol. 10 (16): 3121-3123.

Yandoc-Ables, C. B., E. N. Rosskopf, and E. M. Lamb. 2007. Management of Phytophthora crown rot in pumpkin and zucchini seedlings with phosphonates. Plant Disease 91 (12): 1651-1656.

Yang, B., G. Yonghong, G. Yurong, and Z. Jie. 2007. Postharvest harpin treatment suppresses decay and induces the accumulation of defense related enzymes in hami melons. Acta. Hort. No. 731: 439-450.

Yang, X., X. Ma, L. Yang, D. Yu, Y. Qian, and H. Ni. 2009. Efficacy of *Rheum officinale* liquid formulation on cucumber powdery mildew. Crop Protection 28 (12): 1031-1035.

Yassin, A. M. 1983. A review of factors influencing control strategies against tomato leaf curl virus disease in the Sudan. Tropical Pest Management 29: 253-256.

Yigit, F. 2011. Acibenzolar-S-methyl induces lettuce resistance against *Xanthomonas campestris* pv. *vitians*. African J. Biotechnol. 10 (47): 9606-9612.

Yogev, A. et al. 2009. Suppression of bacterial canker of tomato by composts. Crop Protection 28: 97-103.

Yousef, S. A., M. M. El-Metwally, S. A. Gabr, and A. H. Al-Ghadir. 2013. New strategy for managing damping-off and root rot disease of cucumber caused by *Rhizoctonia solani* by seed soaking in formula of antioxidant with micronutrients. Plant Pathol. Microbiol. 4 (9).

Yu, X. C. et al. 1997. Study on low temperature tolerance in grafted cucumber seedling (In Chinese with English summary). Acta Hort. Sinica 24 (4): 348-352. (Hort. Abstr. 68 (6): 4982; 1998).

Yu, Y., J. K. Schjoerring, and X. Du. 2011. Effects of silicon on the activities of defense-related enzymes in cucumber inoculated with *Pseudoperonospora cubensis*. J. Plant Nutr. 34 (2): 243-257.

Yuan, C. and D. E. Ullman. 1996. Comparison of efficiency and propensity measures of vector importance in zucchini yellow mosaic potyvirus treansmission by *Aphis gossypii* and *A. craccivora*. Phytopathology 86: 698-703.

Yücel, S., A. Özarslandan, A. Colak, T. Ay, and C. Can. 2007! Effect of solarization and fumigant applications on soilborne pathogens and root-knot nematodes in greenhouse-grown tomato in Turkey. Phytoparasitica 35 (5): 450-456.

Zahir, Z. A., M. Arshad, and W. T. Frankenberger, Jr. 2004. Pant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81: 97-168.

Zamani-Zadeh, M., S. Soleimanian-Zad, M. Sheikh-Zeinoddin, and S. A. H. Goli. 2014. Integration of *Lactobacillus plantarum* A7 with thyme and cumin essential oils as a potential biocontrool tool for gray mold rot on strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 92: 149-156.

Zamir, D., Y. Zakay, M. Zeidan, and H. Czosnek. 1991. Combating the tomato yellow leaf curl virus in Israel: the agrotechnical and the genetics approaches, pp. 9-13. In: H. Laterrot and C. Trousse (eds.). Resistance of the tomato to TYLCV. INRA, Montfavet, France.

Zehnder, G. W., C. B. Yao, J. F. Murphy, E. R. Sikora, and J. W. Kloepper. 2000. Induction of resistance in tomato against cucumber mosaic cucumovirus by plant growth-promoting rhizobacteria. Biocontrol 45 (1): 129-137.

Zehnder, G. W., J. F. Murphy, E. J. Sikora, and J. W. Kloepper. 2001. Application of rhizobacteria for induced resistance. European Journal of Plant Pathology 107: 39-50.

Zhang, D. and P. C. Quantick. 1998. Antifungal effects of chitosan coatings on fresh strawberries and raspberries during storage. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73 (6): 763-767.

Zhang, Z. Y., G. H. Dai, Y. Y. Zhuge, and Y. B. Li. 2008. Protective effect of *Robina pseudoacacia* Linn 1 extracts against cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*. Crop Prot. 27 (6): 920-925.

Zhang, P. Y., J. C. Wang, S. H. Liu, and K. S. Chen. 2009. A novel burdock fructooligosaccharide induces changes in the production of salicylates, activates defense enzymes and induces systemic acquired resistance to *Colletotrichum orbiculare* in cucumber seedlings. J. Phytopathol. 157 (4): 201-207.

Zhang, Z. et al. 2011. Multiple pre-harvest treatments with acibenzolar-S-methyl reduce latent infection and induce resistance in muskmelon fruit. Sci. Hort. 130: 126-132.

Zhang, L. J., G. Wang, F. Zhang, and S. Zhu. 2013. Soaaking seeds in methyl jasmonate or benzothiadiazole induces resistance to an insect pest and stem decay in *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88 (6): 715-720.

Zhao, Y., K. Tu, X. Shao, W. Jing, J. L. Yang, and Z. P. Su. 2008a. Biological control of the post-harvest pathogens *Alternaria solani*, *Rhizopus stolonifer* and *Botrytis cinerea* on tomato fruit by *Pichia guilliermondii*, J. Hort. Sci. Biotechnol. 83 (1): 132-136.

Zhao, Y., K. Tu, X. Shao, W. Jing, and Z. Su. 2008b. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 49 (1): 113-120.

Zhou, X. et al. 2014. Using *Cucurbita* rootstocks to reduce Fusarium wilt incidence and increase fruit yield and carotenoid content in oriental melons. HortScience 49 (11): 1365-1369.

Ziani, K., B. Ursua, and J. I. Maté. 2010. Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. Crop Prot. 29 (8): 853-859.

Ziv. O., C. Shifris, S. Grinberg, E. Fallik, and A. Sadeh. 1994. Control of *Leveillula taurica* mildew (*Oidiopsis taurica*) on pepper plants (In Arabic with English summary). Hassadeh 74 (5): 526-532. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 74: 5782).

صَدَر للمؤلف

صدَر للمؤلف الكتب التالية:

أولاً: فى مجال أساسيات وتقنيات إنتاج وتداول الخضر

١- أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٩٢٠ صحة.

٢- تكنولوجيا الزراعات المحمية (الصوبات) (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٥ صفحة.

٣- أساسيات إنتاج الخضر فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٤- إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٥- أساسيات وفسيولوجيا الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٥٩٦ صفحة.

٦- تكنولوجيا إنتاج الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٦٢٥ صفحة.

٧- الأساليب الزراعة المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٨٦ صفحة.

٨- تكنولوجيا الزراعات المحمية (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٣٥ صفحة.

٩- الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة (٢٠١٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٨٣ صفحة.

١٠- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٥٢ صفحة.

١١- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٦٤ صفحة.

١٢- أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩٤ صفحة.

١٣- أصول الزراعة المحمية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٨٣٦ صفحة.

١٤- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية — ٩٦٨ صفحة.

١٥- تداول الحاصلات البستانية: تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد (٢٠١٥). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس ، والمكتبة الأكاديمية— ٥٤٨ صفحة.

١٦- الأهمية الغذائية والطبية للخضروات. (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية — ٣٧٨ صفحة.

١٧- تسميد محاصيل الخضر (٢٠١٦). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية— ٦٩٣ صفحة.

١٨- عوامل الشد البيئى ووسائل الحد من أضرارها: الحلول التكنولوجية لتحديات ومعوقات إنتاج الخضر فى الظروف البيئية القاسية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٦٤٨ صفحة.

ثانيًا: فى مجال إنتاج محاصيل الخضر

١- الطماطم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣١ صفحة.

٢- البطاطس (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٨٦ صفحة.

٣- البصل والثوم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٩١ صفحة.

٤- القرعيات (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٠٧ صفحات.

٥- الخضر الثمرية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠١ صفحة.

٦- الخضر الثانوية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩١ صفحة.

٧- الخضر الجذرية والساقية والورقية والزهرية (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٧٤ صفحة.

٨- إنتاج محاصيل الخضر (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧١٢ صفحة.

٩- إنتاج خضر المواسم الدافئة والحارة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٨ صفحة.

١٠- إنتاج خضر المواسم المعتدلة والباردة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

١١- الطماطم: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥١١ صفحة.

١٢- الطماطم: الأمراض والآفات ومكافحتها (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢١٠ صفحات.

١٣- إنتاج البطاطس (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٤٦ صفحة.

١٤- إنتاج البصل والثوم (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع— ٣٧١ صفحة.

١٥- القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٩٨ صفحة.

١٦- القرعيات: الأمراض والآفات ومكافحتها (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٠ صفحة.

١٧- إنتاج الفلفل والباذنجان (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٦ صفحة.

١٨- إنتاج الخضر البقولية (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٢٤ صفحة.

١٩- إنتاج الفراولة (٢٠٠٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٨٨ صفحة.

٢٠- إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٢٧ صفحة.

٢١- إنتاج الخضر الخيمية والعليقية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣١٥ صفحة.

٢٢- إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٠ صفحة.

٢٣- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الأول (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٤ صفحات.

٢٤- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الثانى (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٠ صفحة.

٢٥- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الثالث (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٢٤ صفحة.

ثالثًا: فى مجال تربية النبات

١- أساسيات تربية النبات (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٦٨٢ صفحة.

٢- تربية محاصيل الخضر (١٩٩٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٨٠٠ صفحة.

٣- تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٧٨ صفحة.

٤- الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النباتات: التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية (١٩٩٥). المكتبة الأكاديمية — ٣٢٨ صفحة.

٥- الأسس العامة لتربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٧٧ صفحة.

٦- طرق تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩٣ صفحة.

٧- تحسين الصفات الكمية: الإحصاء البيولوجى وتطبيقاته فى برامج تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٥١ صفحة.

٨- التكنولوجيا الحيوية وتربية النبات (٢٠٠٧). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٨٣ صفحة.

٩- تطبيقات تربية النبات فى مكافحة الأمراض والآفات (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥٨٥ صفحة.

١٠- تربية النبات لتحمل الظروف البيئية القاسية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥٤٤ صفحة.

رابعًا: فى مجال أصول البحث العلمى والكتابة العلمية

١- أصول البحث العلمى — الجزء الأول: المنهج العلمى وأساليب كتابة البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية — ٤١٧ صفحة.

٢- أصول البحث العلمى — الجزء الثانى: إعداد وكتابة ونشر البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية — ٢٧٣ صفحة.

٣- أصول إعداد ونشر البحوث والرسائل العلمية (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٧٠ صفحة.

